

BIOSORPSI ION LOGAM TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN BAKTERI
Streptococcus mutans



SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Sarjana Sains
Jurusan Kimia Pada Fakultas Sains & Teknologi
UIN Alauddin Makassar

Oleh:

MUH. TRI WIRAWAN
NIM: 60500112030

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
2016

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muh. Tri Wirawan
NIM : 60500112030
Tempat/ Tgl Lahir : Maros/ 18 November 1993
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Alamat : Jl. Todopuli 8 No. 10, Makassar
Judul : Biosorpsi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Bakteri
Streptococcus mutans

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesadaran penuh bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya sendiri. Jika dikemudian hari terbukti bahwa skripsi merupakan duplikat, tiruan, plagiat atau dibuat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Samata-Gowa, November 2016

Penyusun

Muh. Tri Wirawan
NIM : 60500112030

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul **“Biosorpsi Logam Timbal Menggunakan Bakteri *Streptococcus mutans*”** yang disusun oleh **Muh. Tri Wirawan, NIM : 60500112030** mahasiswa jurusan Kimia pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang munaqasyah yang diselenggarakan pada hari Senin 28 November 2016 bertepatan 28 Shafar 1438 H, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Kimia, jurusan Kimia (dengan beberapa perbaikan).

Samata-Gowa, 28 November 2016
28 Shafar 1438 H

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Dr. Ir. A. Suarda, M.Si
Sekretaris : Asriani Ilyas, S.Si., M.Si
Munaqisy I : Sjamsiah, S.Si., M.Si., Ph.D
Munaqisy II : H. Asri Saleh, S.T., M.Si
Munaqisy III : Dr. H. Muh. Sadik Sabry, M.Ag
Pembimbing I : Dr. Maswati Baharuddin, M.Si
Pembimbing II: Iin Novianty, S.Si., M.Sc

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Diketahui oleh :
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar



Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag
NIP : 19691205 199303 1 001

KATA PENGANTAR



Assalamu Alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini dengan lancar dan tidak lupa shalawat serta salam senantiasa penulis haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya serta semua pengikutnya sampai akhir zaman.

Sebagai tugas akhir dan suatu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Kimia pada Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar maka penulis menyusun skripsi dengan judul : “BIOSORPSI LOGAM TIMBAL MENGGUNAKAN BAKTERI *Streptococcus mutans*”. terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dari banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada kedua orang tua tercinta Ayahanda Abd. Rasyid dan Ibunda tercinta Wiwik Widayanti yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang, motivasi, nasihat serta doa yang telah membangun semangat penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih juga penulis haturkan kepada saudara-saudara yaitu Rezki Yalatri Wirastuty, Risfani Cahya Ningrum dan Muh. Fauzan Wiradman yang telah memberi dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi ini. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada :

1. Bapak Prof. Musafir Pababbari M. Si, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
2. Bapak Prof. Dr. Arifuddin, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
3. Ibu Sjamsiah S.Si., M.Si., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
4. Ibu Aisyah S.Si., M.Si, selaku sekretasi Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
5. Ibu Dr. Maswati Baharuddin S.Si., M.Si selaku pembimbing I yang berkenan memberikan kritik dan saran serta bimbingan dari awal penelitian hingga akhir penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Iin Novianty S.Si., M.Sc, selaku pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktu dan tenaganya dalam membimbing dari awal penelitian hingga akhir penyusunan skripsi ini.
7. Ibu Sjamsiah S.Si., M.Si., Ph.D, Bapak H. Asri Saleh M.Si dan Dr. Muhammad Sadik Sabry M. Ag selaku penguji yang senantiasa memberikan kritik dan saran guna menyempurnakan skripsi ini.
8. Segenap Dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar yang telah membantu dan memberikan ilmu kepada penulis.
9. Musyawirah Baharuddin selaku Staf Jurusan Kimia dan seluruh staf karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar yang telah membantu dalam persuratan demi terselenggaranya skripsi ini.

10. Para laboran Jurusan Kimia, Kak Awal Ip S.Si., M.Si, kak Ahmad Yani S.Si, Kak Andi Nurahma S.Si, Kak Ismawanti S.Si, Kak Nuraini S.Si dan terlebih untuk Kakak Fitri Azis S.Si., S.Pd terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.
11. Sahabat-sahabat “Benzen” Kimia Angkatan 2012 yang sangat membantu Wawan, Baso, Ipul, Rizal, Rismang, Marwan, Inna, Mirsa, Bey, Tari, Indri, Ayu Tuti, Ayu Safitri, Ziah, Hera, Nunu Yusuf, Nunu Jabbar, Dini, Muli, Anti, Winda, Ria, Husna, Hasra, Dewi, Yuli, Adi, Fachri, serta sahabat-sahabat Benzen yang lainnya segenap senior maupun junior serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Rekan Penelitian saya Kamsir dan Rafly yang senantiasa menemani dari awal hingga penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak dan dapat bernilai ibadah di sisiNya. Amin ya Rabbal Alamin.

Wassalamu ‘alaikum wr wb.

Makassar, November 2016

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRACT</i>	
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pencemaran Lingkungan.....	6
B. Bakteri <i>Streptococcus mutans</i>	9
C. Logam Berat Timbal (Pb)	13
D. Biosorpsi	18
E. Spektrofotometri Serapan Atom	21

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat.....	26
B. Alat dan Bahan	
1. Alat.....	26
2. Bahan	26
C. Prosedur Kerja	
1. Sterilisasi Alat dan Bahan	27
2. Pembuatan <i>Nutrient Agar</i> (NA).....	27
3. Pembuatan <i>Nutrient Broth</i> (NB).....	27
4. Pembuatan Stok Kultur Bakteri <i>S. Mutans</i>	27
5. Pembuatan Kurva Pertumbuhan	27
6. Preparasi Biomassa	28
7. Pembuatan Larutan Baku Pb 1000 ppm.....	28
8. Penentuan Berat Optimum Biomassa	28
9. Penentuan pH Optimum.....	28
10. Penentuan Waktu Kontak Optimum	29
11. Penentuan Konsentrasi Optimum	29

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan	
1. Persiapan Biomassa Bakteri <i>S. mutans</i>	30
2. Data Hasil Pengukuran AAS	31
a. Penentuan Berat Optimum.....	31
b. Penentuan pH Optimum.....	32
c. Penentuan Waktu Kontak Optimum	32

d. Penentuan Konsentrasi Optimum	33
B. Pembahasan	
1. Penentuan Waktu Fermentasi Bakteri <i>S.mutans</i>	34
2. Penentuan Berat Optimum.....	35
3. Penentuan pH Optimum.....	37
4. Penentuan Waktu Kontak Optimum	38
5. Penentuan Konsentrasi Optimum	39
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	41
B. Saran	41
KEPUSTAKAAN	42
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	46-64
RIWAYAT HIDUP.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Penentuan Waktu fermentasi Terhadap Pertumbuhan Bakteri	30
Tabel 4.2	Pengaruh Berat Biomassa Terhadap Konsentrasi Timbal	31
Tabel 4.3	Pengaruh pH Terhadap Konsentrasi Timbal	32
Tabel 4.4	Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Konsentrasi Timbal	33
Tabel 4.5	Kapasitas Biosorpsi Pb Pada Berat Biomasa, pH dan Waktu Kontak Optimum	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Fase-fase Pertumbuhan Bakteri	11
Gambar 2.2	Bakteri <i>Streptococcus mutans</i>	12
Gambar 2.3	Logam Timbal	14
Gambar 4.1	Kurva Pertumbuhan Bakteri <i>Streptococcus mutans</i>	34
Gambar 4.2	Penentuan Berat Biomassa Optimum	36
Gambar 4.3	Penentuan pH Optimum	37
Gambar 4.4	Penentuan Waktu Kontak Optimum	38
Gambar 4.5	Kapasitas Biosorpsi	39
Gambar 4.5	Struktur Asam Teikoat	40
Gambar 4.6	Penggantian Ion Divalen Dengan Ion Logam	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Skema Penelitian	42
Lampiran 2	Penentuan Waktu Fermentasi Optimum.....	47
Lampiran 3	Persiapan Biomassa	48
Lampiran 4	Penentuan Berat Biomassa Optimum.....	49
Lampiran 5	Penentuan pH Optimum	50
Lampiran 6	Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	51
Lampiran 7	Penentuan Konsentrasi Optimum.....	52
Lampiran 8	Data Perhitungan	53
Lampiran 9	Gambar Penelitian	70

ABSTRAK

Nama : Muh. Tri Wirawan

NIM : 60500112030

Judul : Biosorpsi Logam Timbal Menggunakan Bacteri *Streptococcus mutans*

Pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh logam berat timbal merupakan permasalahan lingkungan serius yang terjadi saat ini. Penggunaan bakteri *Streptococcus mutans* dapat mengurangi dampak cemaran logam berat di lingkungan. Pada penelitian ini telah dilakukan biosorpsi logam timbal menggunakan bakteri *Streptococcus mutans*. *Streptococcus mutans* ditumbuhkan dalam media cair NB selama waktu fermentasi optimum. Biosorpsi logam timbal dilakukan dengan menggunakan biomassa kering dan mati dari *Streptococcus mutans* dengan menggunakan empat parameter dari parameter berat biomassa kering yaitu 0.1, 0.15, 0.2, 0.25 dan 0.3 g. Kemudian parameter pH mengatur pH menjadi 3, 4, 5, 6 dan 7. Selanjutnya parameter waktu kontak 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Serta parameter konsentrasi dari logam timbal yaitu 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm.

Hasilnya menunjukkan pada parameter berat biomassa diperoleh berat biomassa optimum 0.3 g dengan penyerapan sebesar 1.8 mg/g. pH optimum diperoleh pada pH 4 dengan penyerapan sebesar 1.29 mg/g. Waktu kontak optimum diperoleh pada waktu 90 menit dengan besar penyerapan sebesar 0.89 mg/g. Serta pada variasi konsentrasi diperoleh konsentrasi optimum penyerapan logam timbal oleh biomassa *Streptococcus mutans* pada konsentrasi 40 ppm dengan penyerapan sebesar 0.24 mg/g.

Kata kunci : Biosorpsi, *Streptococcus mutans*, timbal.

ABSTRACT

Name : Muh. Tri Wirawan

NIM : 60500112030

Title : Biosorpsi Logam Timbal Menggunakan Bacteri *Streptococcus mutans*

Environmental pollution caused by the heavy metal of lead is a serious environmental problem that occurs at this time. Use of the bacteria Streptococcus mutans can reduce the impact of heavy metal contamination in the environment. This study has been done using a metallic lead biosorption bacterium Streptococcus mutans. Streptococcus mutans was grown in a liquid medium NB for optimum fermentation time. Metallic lead biosorption done using dry biomass and die from Streptococcus mutans using four paramaneter this parameter of dry biomass weight of 0.1, 0.15, 0.2, and 0.3 g 0:25. Then parameneter pH adjusting the pH to 3, 4, 5, 6 and 7. Furthermore, the contact time parameters 30, 60, 90, 120 and 150 minutes. As well as the parameters of the concentration of metallic lead that is 10, 20, 30, 40 and 50 ppm.

The results show the biomass weight parameters obtained optimum weight of 0.3 g biomass with absorption of 1.8 mg / g. The optimum pH was obtained at pH 4 with absorption at 1.29 mg / g. Dipeoleh optimum contact time at 90 minutes with large absorption of 0.89 mg / g. As well as at various concentrations obtained optimum concentration of lead metal absorption by biomass Streptococcus mutans at 40 ppm with peyerapan of concentration of 0.24 mg / g.

Keyword : Biosorption, Streptococcus mutans, lead.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran lingkungan menjadi salah satu masalah serius yang belum dapat terselesaikan. Pencemaran pada lingkungan merupakan proses masuknya substansi-substansi berbahaya ke lingkungan sehingga dapat merusak kualitas lingkungan itu sendiri. Salah satu faktor penyebab kerusakan lingkungan yaitu pencemaran logam berat timbal ke lingkungan. Pemanfaatan logam timbal yang tinggi untuk keperluan manusia seperti penggunaan bahan bakar bensin, cat dan sebagainya menyebabkan kemungkinan pencemaran logam timbal ke lingkungan juga tinggi.

Ion-ion logam berat timbal yang telah mencemari lingkungan melalui industri tersebut sebagian besar akan mencemari perairan. Cemar limbah logam berat dapat masuk ke tubuh manusia melalui rantai makanan, sehingga dapat mengganggu sistem saraf, hematologi serta mempengaruhi kinerja ginjal (Siswaty dkk, 2012). Melihat dampak besar logam timbal pada manusia, maka harus dilakukan pengolahan limbah logam berat.

Upaya menanggulangi pencemaran logam berat sebenarnya dapat dilakukan dengan proses kimiawi seperti presipitasi kimia, *ion exchange*, adsorpsi, elektrodialisis dan *reverse osmosis*. Dibandingkan dengan metode lainnya, adsorpsi merupakan metode yang dinilai paling efektif dan telah banyak digunakan. Adsorpsi ini dapat menggunakan zeolit dan arang aktif sebagai adsorbennya. Namun proses ini relatif mahal dan cenderung menimbulkan permasalahan baru, yaitu akumulasi senyawa dalam sedimen dan organisme akuatik (Ahalya, dkk 2007). Oleh sebab itu perlu

dikembangkan cara lain diantaranya dengan memanfaatkan kemampuan beberapa mikroorganisme sebagai penyerap logam berat (biosorpsi). Pada penelitian ini menggunakan mikroorganisme jenis bakteri, yaitu bakteri *Streptococcus mutans*. Bakteri *Streptococcus mutans* merupakan bakteri gram positif, nonmotil, anaerob fakultatif, berbentuk coccus dan bulat telur apabila tersusun dalam rantai (Andrianto, 2012).

Ukuran sel bakteri sangat kecil dan bervariasi berdasarkan spesiesnya, namun pada umumnya berkisar antara 0,5-1,0 x 2,0-5µm (Ali, 2005). Penjelasan tersebut sesuai dengan firman Allah SWT dalam Al-Quran surah Al- Baqarah ayat 26 tentang makhluk hidup yang ukurannya lebih kecil daripada nyamuk.

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي ۚ أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۖ يُضِلُّ بِهِ ۖ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ ۖ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ

Terjemahnya :

“Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, Maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan: “Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?.” Dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik” (Kemenag RI, Al-Qur’an dan Terjemahnya, 2010: 5).

Allah tidak malu memberi perumpamaan walau perumpamaan itu berupa *ba’udha*. *Ba’udha* diartikan bentuk tunggal dari *ba’udh*, yakni kutu yang kecil. Kutu dimaksud, dijelaskan dalam Hasyiat al-Jamal ala al-Jalalaian sebagai “binatang yang sangat kecil, menggigit dengan menyakitkan dan berbau sangat busuk”. Memang kata

yang digunakan al-Quran itu dapat juga diartikan sebagai nyamuk, tetapi bukan itu yang dimaksud dalam ayat ini. Allah tidak segan memberi perumpamaan tentang kutu kecil yang diremehkan oleh kaum musyrik dan dianggap tidak wajar untuk disebutkan oleh Allah, atau sesuatu yang lebih kecil dari kutu pada bentuk badannya atau bagian pada bentuk badannya (Shihab, 2002)

Adapun hewan yang melebihi nyamuk atau yang lebih kecil dibandingkan nyamuk antara lain yaitu mikroorganisme. Mikroorganisme walaupun berukuran sangat kecil dan umumnya sangat dibenci orang karena merugikan manusia. Akan tetapi, segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT di bumi ini tidak ada yang sia-sia, seperti halnya bakteri.

Kemampuan mikroorganisme untuk mereduksi logam berat dipengaruhi oleh jenis bakteri (Suhendrayatna, 2001). Bakteri gram negatif mengikat kurang lebih sepersepuluh dari jumlah logam yang terikat pada bakteri gram positif (Hughes dan Poole, 1991). Selain dari jenis bakteri, parameter lingkungan seperti pH, suhu, sumber energi, dan kehadiran ion lain dapat mempengaruhi bakteri dalam menyerap logam berat (Husain dan Irma, 2005).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Muhammad Badjoeri dan Hafidh Zarkasyi (2010) bakteri *Bacillus megaterium* (bakteri gram positif) mampu menyerap logam merkuri dengan efisiensi penyerapan mencapai 98 %, dengan waktu optimal untuk mengaplikasikan setelah masa inkubasi > 8 jam. Penelitian yang dilakukan oleh Mogi dkk (2012) tentang bakteri yang resisten terhadap logam merkuri pada plak gigi dengan tumpatan amalgam di Puskesmas Bahu diperoleh genus bakteri *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Acitenobacter*, *Alcaligenes*, *Brucella*, *Morococcus* dan *Phenylobacterium* merupakan 8 genus bakteri yang resisten merkuri,

berdasarkan uji morfologi, uji fisiologi dan uji biokimia dari isolat. Bakteri yang digunakan pada penelitian ini adalah *Streptococcus mutans*. *Streptococcus mutans* adalah bakteri gram positif yang merupakan bakteri penyebab utama karies gigi. (Bachtiar, 1997 dalam Andrianto, 2012).

Secara umum, keuntungan pemanfaatan mikroorganisme sebagai biosorben adalah biaya operasional rendah, efisiensi dan kapasitas pengikatan logam yang tinggi, kemungkinan untuk *recovery* logam, biosorben dapat diregenerasi, bahan bakunya mudah didapat dan tersedia dalam jumlah banyak, dan tidak memerlukan tambahan nutrisi jika menggunakan mikroba yang sudah mati (Ahalya dkk, 2003).

Berdasarkan latar belakang tersebut, telah dilakukan uji tentang pemanfaatan bakteri *Streptococcus mutans* (bakteri gram positif) sebagai biosorben logam berat timbal

B. Rumusan Masalah

1. Berapakah berat optimum biomassa *Streptococcus mutans* terhadap ion logam timbal (Pb)?
2. Berapakah pH optimum biosorpsi *Streptococcus mutans* terhadap ion logam timbal (Pb)?
3. Berapakah waktu optimum biosorpsi *Streptococcus mutans* terhadap ion logam timbal (Pb)?
4. Berapakah konsentrasi optimum biosorpsi ion logam timbal (Pb) oleh *Streptococcus mutans*?

C. Tujuan

1. Untuk menentukan berat optimum dari biomassa *Streptococcus mutans* terhadap ion logam timbal (Pb).
2. Untuk menentukan pH optimum biosorpsi *Streptococcus mutans* terhadap ion logam timbal (Pb).
3. Untuk menentukan waktu kontak optimum biosorpsi *Streptococcus mutans* terhadap ion logam timbal (Pb).
4. Untuk menentukan konsentrasi optimum biosorpsi ion logam timbal (Pb) oleh *Streptococcus mutans*

D. Manfaat

1. Dapat memberikan informasi kepada masyarakat terhadap penanganan limbah logam timbal (Pb) menggunakan bakteri *Streptococcus mutans*.
2. Dapat memberikan solusi dalam penanganan pencemaran logam berat timbal pada lingkungan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Lingkungan

Perkembangan teknologi yang begitu pesat saat ini memberikan dampak positif sekaligus memberikan dampak negatif. Dampak positifnya yaitu perkembangan pembangunan yang pesat di berbagai sektor. Hal tersebut memberikan berbagai kemudahan dalam melakukan aktifitas. Selain memberikan dampak positif, pembangunan yang begitu pesat memberikan pula dampak negatif. Hal ini disebabkan karena kebanyakan pembangunan dilakukan tidak memperhatikan aspek lingkungan, akibatnya lingkungan menjadi rusak serta terganggunya ekosistem (Kusuma dkk, 2014). Kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh manusia sesuai dengan firman Allah swt. dalam surah Ar- Rūm ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Terjemahnya:

Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). (Kemenag RI, Al-Qur'an dan Terjemahnya, 2010: 408).

Terdapat beberapa pendapat dari para ulama tentang ayat ini, diantaranya ada yang menafsirkan (ظَهَرَ الْفَسَادُ) “*telah nampak kerusakan,*” yaitu terhentinya hujan di daratan yang diiringi oleh masa paceklik serta lautan yang mengenai binatang-binatangnya. Pendapat lainnya yang lebih jelas tentang makna ayat firman Allah

(ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ) “telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia”, yaitu kekurangan buah-buahan dan tanam-tanaman disebabkan oleh kemaksiatan. Abul Aliyah mengatakan: barangsiapa yang berlaku maksiat kepada Allah di muka bumi, maka berarti dia telah berbuat kerusakan didalamnya. Sedangkan beberapa ulama kontemporer memahaminya sebagai kerusakan lingkungan. Serta firman Allah yang artinya : “supaya Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka” yakni menguji mereka dengan kekurangan harta, jiwa, buah-buahan sebagai suatu ujian dan balasan atas perilaku mereka, “agar mereka kembali” dari berbagai perilaku kemaksiatan (Abdullah, 2004).

Ayat Ar-Rūm 41 adalah salah satu ayat yang menerangkan tentang kerusakan-kerusakan manusia di bumi. Ayat ini merupakan teguran dari Allah SWT kepada para hamba-Nya yang berbuat kerusakan di bumi agar mereka kembali ke jalan yang lurus. Kerusakan lingkungan yang terjadi saat ini haruslah ditangani untuk mencegahnya dampak yang lebih parah.

Kerusakan/pencemaran lingkungan juga disebabkan oleh limbah industri. Terjadinya pencemaran yang disebabkan karena pembuangan limbah dari pabrik yang belum mempunyai unit pengolahan limbah atau pun jika ada kurang memadai sebagaimana yang diisyaratkan oleh pemerintah (Kohar dkk, 2005).

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ ۖ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا ۚ وَأَحْسِنَ كَمَا
أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ ۖ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ ۚ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

Terjemahnya:

Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bagianmu dari dunia dan berbuat baiklah, sebagaimana Allah telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai para pembuat kerusakan (Kemenag RI, Al-Qur'an dan Terjemahnya, 2010: 394).

Pada akhir dari ayat ini menegaskan bahwa larangan tentang berbuat kerusakan di bumi “*janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai para pembuat kerusakan*”. Dalam ayat ini larangan berbuat kerusakan dipaparkan setelah diperintahkan berbuat baik, merupakan peringatan agar tidak mencampuradukkan antara kebaikan dan keburukan. Sebab keburukan dan perusakan merupakan lawan kebaikan. Penegasan ini diperlukan walau sebenarnya perintah berbuat baik telah berarti pula larangan berbuat keburukan disebabkan karena sumber-sumber kebaikan dan keburukan sangat banyak, sehingga boleh jadi ada yang lengah dan lupa bahwa berbuat kejahatan terhadap sesuatu sambil berbuat *ihsan* kepada yang banyak masih merupakan hal yang bukan *ihsan* (Shihab, 2002).

Perusakan dimaksud menyangkut banyak hal. Salah satunya adalah merusak lingkungan. *Kerusakan lingkungan* sangat berdampak pada kehidupan manusia karena dapat menghasilkan bencana saat ini maupun masa yang akan datang, bahkan sampai beberapa generasi selanjutnya.

Jika limbah industri dilepaskan di perairan, akan terjadi perubahan nilai dari perairan itu baik kualitas maupun kuantitas sehingga perairan dapat dianggap tercemar (Arisandy dkk, 2012). Sesuai dengan Undang-Undang RI No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengolahan Lingkungan Hidup pada pasal 1 ayat 14 disebutkan bahwa pencemaran lingkungan adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain kedalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia

sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Salah satu bentuk pencemaran lingkungan adalah karena logam berat.

B. Bakteri *Streptococcus mutans*

Bakteri merupakan mikroba bersel tunggal walaupun dalam beberapa keadaan dapat dijumpai kumpulan yang kelihatannya bersel banyak, bakteri juga bersifat prokariotik atau mikroba yang tidak memiliki inti sejati (inti yang tidak dikelilingi oleh membran inti). Ukuran sel bakteri sangat kecil dan bervariasi berdasarkan spesiesnya, namun pada umumnya berkisar antara $0,5-1,0 \times 2,0-5\mu\text{m}$. Karena ukurannya yang sangat kecil, sehingga diperlukan alat bantu yang disebut mikroskop untuk mempelajarinya. Bakteri dibedakan menjadi dua berdasarkan mekanisme pewarnaan yaitu bakteri gram positif dan bakteri gram negatif (Ali, 2005).

Menurut Ali (2005), bakteri memiliki empat fase pertumbuhan, yaitu :

1. Fase tenggang (*lag phase* atau fase adaptasi)

Apabila bakteri diinokulasikan pada media pertumbuhannya tidak segera dimulai, pertumbuhan dimulai setelah melalui fase adaptasi. Pada fase ini merupakan fase penyesuaian bakteri pada lingkungan baru dan lamanya yang bergantung pada jenis, umur biakan serta nutrient yang terdapat dalam media. Pada fase ini juga tidak adanya peningkatan dari jumlah sel, melainkan peningkatan ukuran dan besar sel.

2. Fase logaritmik (*fase log* atau fase eksponensial)

Pada fase ini merupakan periode pembiakan yang cepat dan merupakan periode yang di dalamnya teramati ciri khas sel-sel aktif serta waktu generasi suatu organisme dapat dilakukan pada fase logaritmik ini. Pada fase ini pula dapat ditentukan waktu generasi suatu bakteri yang berarti diluar dari fase ini tidak dapat

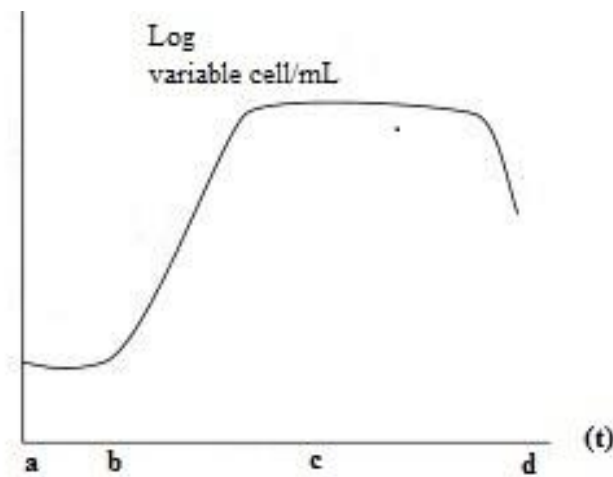
digunakan untuk menentukan waktu generasi dan kecepatan pertumbuhan spesifik. Kecepatan pertumbuhan sel sepanjang fase ini bersifat spesifik untuk tiap-tiap jenis mikroba, sehingga disebut konstanta pertumbuhan spesifik.

3. Fase stasioner

Kultur bakteri yang telah mencapai fase ini tidak lagi menunjukkan penambahan sel artinya kecepatan tumbuh sama dengan kecepatan kematian sel, sehingga jumlah sel tetap. Hal ini dikarenakan kurangnya substrat, kepadatan sel sangat tinggi, tekanan parsial oksigen yang rendah serta adanya akumulasi produk metabolisme yang toksik. Laju metabolisme sel akan menurun. Umumnya sel-sel bakteri lebih resisten terhadap tekanan lingkungan misalnya kenaikan suhu, tekanan osmotik dan tingginya konsentrasi hidrogen peroksida.

4. Fase kematian (*death phase*)

Bila kultur diinkubasi terus, maka setelah populasi mencapai fase stasioner, mikroba yang ada tidak lagi melakukan kegiatan metabolisme tetapi justru sel-sel mengalami fase kematian. Terjadinya akumulasi bahan toksik, nutrisi yang sangat terbatas, sehingga banyak sel yang mati pada fase ini. Jumlah sel yang mati bertambah secara eksponensial atau kebalikan dari fase logaritmik pertumbuhan. Dalam fase ini sel hidup hanya dapat bertahan untuk sementara; waktu generasi sangat lama atau bahkan tidak ada sama sekali. Disamping itu sel-sel akan dihancurkan oleh pengaruh enzim sendiri sel mikroba akan mati secara total. Grafik pertumbuhan bakteri dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Fase-fase pertumbuhan bakteri (Ali, 2005).

Menurut Cappuccino and Sherman dalam Ichsan (2009), sistematika dan taksonomi bakteri *Streptococcus mutans* adalah sebagai berikut :

Kingdom : Monera
 Divisio : Firmicutes
 Class : Bacilli
 Order : Lactobacilalles
 Family : Streptococcaceae
 Genus : Streptococcus
 Species : *Streptococcus mutans*

Streptococcus mutans merupakan bakteri kokus gram positif dan nonmotil. Bakteri ini termasuk dalam spesies grup K dari grup *viridans* dan terlibat dalam pembentukan karies gigi (Huriawati, dkk, 2006 dalam Ichsan 2009).



Gambar 2.2 Bakteri *Streptococcus mutans*

Bakteri *Streptococcus mutans* telah diisolasi dari rongga mulut dan hewan percobaan termasuk tikus dan rongga mulut manusia. Bakteri ini tumbuh secara optimal pada suhu $18^{\circ} - 40^{\circ} \text{C}$. Bakteri *S. mutans* biasanya ditemukan pada rongga gigi manusia (Andrianto, 2012).

Agen utama pada karies gigi ialah *Streptococcus mutans*, namun tanpa adanya faktor lain seperti sukrosa, bakteri ini tidak dapat menyebabkan karies. Karies gigi adalah salah satu kerusakan gigi yang dimulai dari permukaan gigi dan berkembang ke arah dalam. Mula-mula permukaan email yang keseluruhannya nonselular mengalami demineralisasi. Hal ini terjadi akibat pengaruh asam hasil peragian bakteri. Dekomposisi dentin dan sementum yang terjadi selanjutnya akan meliputi pencernaan matriks protein oleh bakteri. Langkah pertama yang penting dalam karies adalah pembentukan plak pada permukaan email yang keras dan halus. Plak ini terdiri dari endapan gelatin dari glukosa yang mempunyai berat molekul besar, bakteri penghasil asam melekat pada email polimer karbohidrat (glukosa) terutama dihasilkan oleh *Streptococcus mutans*, yang dapat bekerja sama dengan *Actinomyces*. Bakteri rongga

mulut dapat mengubah karbohidrat menjadi asam yang kemudian melarutkan kalsiumfosfat pada email sehingga menghasilkan lesi karies (Andrianto, 2012).

C. Logam Berat Timbal (Pb)

Unsur logam berat adalah unsur yang mempunyai densitas lebih dari 5 gr cm^{-3} (Mitra, 2015). Logam berat masih termasuk golongan logam yang memiliki kriteria-kriteria yang sama dengan logam yang lainnya. Namun pengaruh yang dihasilkan apabila logam berat berikatan ataupun masuk ke dalam tubuh makhluk hidup menjadi pembeda dengan kelompok logam yang lainnya (Palar, 2008).

Logam berat masuk kedalam Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yaitu setiap bahan yang karena sifat atau konsentrasinya, jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain (Pasal 1 (17) UU No. 23 1997). B3 dalam ilmu bahan dapat berupa bahan biologis (hidup/mati) atau zat kimia. Zat kimia B3 dapat berupa senyawa logam (anorganik) atau senyawa organik, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai B3 biologis, B3 logam dan B3 organik. Menurut data dari *Environmental Protection Agency* (EPA) tahun 1997, yang menyusun "top-20" B3 antara lain: Arsenic, Lead, Mercury, Vinyl chloride, Benzene, Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Kadmium, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Chloroform, Aroclor 1254, DDT, Aroclor 1260, Trichloroethylene, Chromium (hexa valent), Dibenz[a,h]anthracene, Dieldrin, Hexachlorobutadiene, Chlordane. Dari 20 B3 tersebut, diantaranya adalah logam berat, antara lain Arsenic (As), Lead (Pb), Mercury (Hg), Kadmium (Cd), dan Chromium (Cr) (Sudarmaji dkk, 2006).

Salah satu masalah besar saat ini adalah kontaminasi logam berat pada lingkungan. Kebanyakan terbawa melalui jalur makanan dan akan lebih cepat memasuki tubuh melalui rantai makanan. Apabila suatu logam terakumulasi pada jaringan hewan dan tumbuhan yang kemudian di konsumsi manusia tentunya manusia sebagai rantai makanan tertinggi pada piramida makanan maka dalam tubuhnya akan terakumulasi logam berat tersebut. Logam berat yang terakumulasi dalam tubuh manusia dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tubuh, menimbulkan cacat fisik, menurunkan kecerdasan, melemahkan syaraf, dan berpengaruh ke tulang (Adi dan Dyah, 2010).

Timbal atau biasa disebut dengan timah hitam dengan nama ilmiah plumbum merupakan kelompok logam golongan IV-A. Logam timbal mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom sebesar 207,2. Bentuk logam timbal dapat dilihat pada gambar 2.3 (Palar, 2008).



Gambar 2.3 Logam Timbal

Menurut Palar 2008, logam timbal memiliki beberapa sifat khusus, yaitu

1. Merupakan logam yang lunak, sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau atau pun dengan tangan.
2. Dapat dibentuk dengan mudah.
3. Merupakan logam yang tahan terhadap peristiwa korosi, sehingga logam timbal digunakan sebagai bahan dasar coating.
4. Mempunyai titik lebur rendah, yaitu hanya 327,5 C.
5. Mempunyai kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan logam-logam biasa, kecuali emas dan merkuri.
6. Merupakan penghantar listrik yang tidak baik.

Pemanfaatan pada bahan bakar bensin telah mengalami penurunan karena menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Bijih logam timbal (Pb) dapat terbentuk dalam cebakan-cebakan seperti *stratabound* sulfida massif, *replacement*, urat, sedimentasi, dan metasomatisme kontak dengan mineral-mineral utama terdiri atas: galena (PbS), cerusit (PbCO₃), anglesit (PbSO₄), wulfenit (PbMoO₄) dan piromorfit [Pb₅(PO₄, AsO₄)₃Cl]. Larutan pembawa Pb diantaranya: air *connate*, air meteorik artesian, dan larutan hidrotermal yang naik ke permukaan; dengan sebagian besar Pb berasal dari larutan hidrotermal yang membentuk cebakan bijih pada suhu rendah, berupa pengisian rongga batuan induk. Pb dalam batuan berada pada struktur silikat yang menggantikan unsur kalsium/Ca, dan baru dapat diserap oleh tumbuhan ketika Pb dalam mineral utama terpisah oleh proses pelapukan. Pb di dalam tanah mempunyai kecenderungan terikat oleh bahan organik dan sering terkonsentrasi pada bagian atas tanah karena menyatu dengan tumbuhan, dan kemudian terakumulasi sebagai hasil pelapukan di dalam lapisan humus (Herman, 2006).

Unsur timbal mengalami peningkatan ketika melibatkan atmosfer dan kemudian mencemari tanah serta tanaman. Di daerah padat penduduk (*urban*), anak-anak menyerap lebih banyak Pb daripada orang dewasa; terutama pada mereka yang kekurangan gizi dan mempunyai perilaku mengkonsumsi makanan tidak bersih atau berdebu, yang dapat mengandung beberapa ribu ppm (1.000 – 3.000 $\mu\text{g Pb/kg}$). Hal ini harus diwaspadai karena dapat mencemari lingkungan dengan akibat timbulnya berbagai penyakit berbahaya atau bahkan kematian. Dampak lebih jauh dari keracunan Pb adalah dapat menyebabkan hipertensi dan salah satu faktor penyebab penyakit hati. Ketika unsur ini mengikat perpotensi kuat sejumlah molekul asam amino, haemoglobin, enzim, RNA, dan DNA; maka akan mengganggu saluran metabolik dalam tubuh. Keracunan Pb dapat juga mengakibatkan gangguan sintesis darah, hipertensi, hiperaktivitas, dan kerusakan otak (Herman, 2006).

Menurut Sudarmaji dkk (2006, 131), industri yang sebagai sumber pencemaran Pb adalah semua industri yang memakai Pb sebagai bahan baku maupun bahan penolong, yaitu:

1) Industri pengecoran maupun pemurnian.

Industri ini menghasilkan timbal konsentrat (*primary lead*), maupun *secondary lead* yang berasal dari potongan logam (*scrap*).

2) Industri battery.

Industri ini banyak menggunakan logam Pb terutama *lead antimony alloy* dan *lead oxides* sebagai bahan dasarnya.

3) Industri bahan bakar.

Pb berupa *tetra ethyl lead* dan *tetra methyl lead* banyak dipakai sebagai anti knock pada bahan bakar, sehingga baik industri maupun bahan bakar yang dihasilkan merupakan sumber pencemaran Pb.

4) Industri kabel.

Industri kabel memerlukan Pb untuk melapisi kabel. Saat ini pemakaian Pb di industri kabel mulai berkurang, walaupun masih digunakan campuran logam Cd, Fe, Cr, Au dan arsenik yang juga membahayakan untuk kehidupan makhluk hidup.

5) Industri kimia, yang menggunakan bahan pewarna.

Pada industri ini seringkali dipakai Pb karena toksisitasnya relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan logam pigmen yang lain. Sebagai pewarna merah pada cat biasanya dipakai *red lead*, sedangkan untuk warna kuning dipakai *lead chromate*.

Menurut Darmono (2001), mekanisme toksisitas logam timbal dibedakan menjadi tujuh berdasarkan organ yang dipengaruhi, yaitu:

1. Sistem hemoprotektik:

Timbal akan menghambat pembentukan hemoglobin sehingga dapat menyebabkan anemia.

2. Sistem saraf pusat dan tepi:

Timbal dapat menyebabkan gangguan ensefalopati dan gejala gangguan saraf perifer.

3. Sistem ginjal:

Menyebabkan fibrosis, glukosuria, aminoasiduria

4. Sistem gastro-intestinal:

Menyebabkan konstipasi dan kaolik

5. Sistem kardiovaskular:

Menyebabkan peningkatan permeabilitas kapiler pembuluh darah

6. Sistem reproduksi:

Menyebabkan kematian janin waktu melahirkan pada wanita serta hipospermi dan teratospermia pada pria.

7. Sistem indokrin:

Mengakibatkan fungsi gangguan tiroid dan fungsi adrenal.

Apabila logam berat yang memiliki densitas diatas 5gr/cm^3 terakumulasi kedalam tubuh, maka logam berat akan tetap tinggal dalam tubuh, karena logam berat tidak dapat dihancurkan dan ketika proses ekskresi terjadi maka logam berat dalam tubuh akan ikut keluar (Kristianingrum, 2006:89). Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Lebih lanjut lagi, logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab terjadinya alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia. Jalur masuknya melalui kulit, pernapasan dan pencernaan (Kristianingrum, 2006). Tidak semua timbal yang terserap atau tertelan ke dalam tubuh akan tertinggal di dalam tubuh. Kira-kira 5-10 % dari jumlah yang tertelan akan diabsorpsi melalui saluran pencernaan dan kira-kira 30 % dari jumlah yang terserap melalui hidung akan diabsorpsi melalui saluran penafasan akan tinggal di dalam tubuh karena dipengaruhi oleh ukuran partikel-partikelnya (Santi, 2001:2). Meskipun jumlah timbal yang masuk ke tubuh hanya sedikit, logam ini sangat berbahaya. Hal ini disebabkan senyawa timbal dapat memberikan efek racun terhadap banyak fungsi organ yang terdapat dalam tubuh. Berdasarkan Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah menyatakan bahwa kadar logam timbal paling tinggi di lingkungan adalah 0.1 ppm (PERMEN LH, 2014).

D. Biosorpsi

Biosorpsi dapat didefinisikan sebagai interaksi fisika-kimia yang mungkin terjadi antara logam dan sel mikroba. Ini adalah metode biologis dari kontrol lingkungan dan dapat menjadi alternatif dari pengolahan air secara konvensional. Teknik biosorpsi menawarkan beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode konvensional, yaitu biaya lebih rendah, efisiensi, lebih sedikit menghasilkan limbah kimia/biologi, membutuhkan tambahan nutrisi (Alluri dkk, 2007).

Proses biosorpsi melibatkan fase padat (sorben atau biosorben) dan fase cair (pelarut) yang berisi larutan spesies yang akan diserap (sorbent, ion logam). Karena afinitas yang lebih tinggi dari sorben untuk spesies sorbet akan tertarik dan dihapus oleh mekanisme yang lain. Proses akan berlanjut sampai kesetimbangan dicapai antara jumlah padat yang terikat pada spesies sorbet dan bagian yang tersisa dari larutan (Das dan Karthika, 2007).

Menurut Das dan Karthika (2007), Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses biosorpsi, yaitu:

1. Konsentrasi awal ion logam
2. Suhu
3. pH
4. Konsentrasi biomassa dalam larutan

Suhu tidak mempengaruhi proses dari biosorpsi pada suhu sekitar 25°-35°C. namun berbeda dengan pH yang tampaknya yang menjadi suatu parameter yang

penting dalam proses biosorpsi. Hal ini juga berpengaruh larutan dari logam, aktivitas kelompok-kelompok yang fungsional yang terdapat dalam biomassa (Das dan Karthika, 2007).

Studi tentang pemanfaatan biosorben menunjukkan bahwa baik sel yang hidup maupun sel-sel mikroba yang mati dalam menyerap ion logam serta potensi pemanfaatan biosorben ini memiliki keuntungan lebih murah ketimbang dengan metode penyerapan konvensional. Selain itu, penggunaan sel-sel hidup sebagai penyerapan logam berat membutuhkan perlakuan khusus, seperti penambahan nutrisi sehingga dapat meningkatkan direksi dan COD dalam limbah. Berbeda dengan sel-sel hidup, penggunaan sel mati sebagai penyerap logam berat memiliki keuntungan karena ion logam berat tidak mempengaruhi sel mati tersebut. Selain itu, sel-sel mati tidak memerlukan perawatan serta pemeliharaan yang berlebih, ekonomis serta mudah diregenerasi dan dapat digunakan kembali (Das dan Karthika, 2007).

Mekanisme dari biosorpsi atau biasa dikenal sebagai *passive uptake* terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda. Pertama pertukaran ion dimana ion monovalen dan ion divalent pada dinding sel akan digantikan oleh ion-ion logam berat. Kedua adalah formasi kompleks antar ion-ion logam berat dengan gugus fungsi seperti karbonil, amino, thiol, hidroksi-karboksil (Suhendrayatna, 2001).

Menurut Igwe dan Abia dalam Kurniasari (2010), ada tiga mekanisme yang mungkin terjadi ketika mikroorganisme mengambil logam-logam yang ada di larutan. Ketiga mekanisme itu adalah akumulasi/pengendapan ekstraselular; penyerapan atau pembentukan kompleks pada permukaan sel serta akumulasi intraseluler. Proses akumulasi/pengendapan ekstraselular dapat dilakukan dengan mikroorganisme hidup,

penjerapan atau pembentukan kompleks pada permukaan sel dapat dilakukan dengan mikroorganisme hidup maupun mati sedangkan akumulasi intraseluler membutuhkan aktivitas mikroba. Meskipun sel hidup maupun mati dapat mengikat logam, namun mereka mempunyai mekanisme pengikatan yang berbeda tergantung pada sistem metabolismenya. Pada sel hidup, maka parameter yang berpengaruh dalam proses adsorpsi adalah umur sel, ketersediaan nutrisi selama pertumbuhan dan kondisi selama proses biosorpsi (seperti pH, suhu dan adanya co-ion tertentu). Efisiensi penjerapan juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik kimiawi logam yang akan diolah (Kurniasari, 2010).

Jika fenomena adsorpsi disebabkan terutama oleh gaya Van der Waals dan gaya hidrostatis antara molekul adsorbat, maka atom yang membentuk permukaan adsorben tanpa adanya ikatan kimia disebut adsorpsi fisika sedangkan jika terjadi interaksi secara kimia antara adsorben, maka fenomenanya disebut adsorpsi kimia (Ginting, 2008).

E. Spektrofotometri Serapan Atom

Sejarah dari peristiwa serapan atom pertama kali diamati oleh Fraunhofer, ketika menelaah garis-garis hitam pada spectrum matahari tetapi Alan Walsh adalah orang yang pertama memanfaatkan prinsip serapan atom pada bidang analisis. Sebelum ditemukannya spektroskopi serapan atom, banyak ahli kimia yang bergantung pada cara-cara spektrografik atau spektrofotometrik, namun cara ini sangat memakan waktu dan sulit. Teknik ini memiliki kelebihan dibandingkan teknik spektroskopi emisi konvensional, jika pada teknik konvensional tergantung pada sumber eksitasi, bila eksitasi dilakukan secara termal maka ia akan tergantung pada temperatur sumber. Selain itu eksitasi termal tidak selalu spesifik dan eksitasi secara serentak terjadi pada berbagai spesies dalam suatu campuran. Sedangkan dengan nyala, eksitasi unsur-unsur

dengan tingkat energi eksitasi yang rendah dapat dimungkinkan, tentu saja perbandingan banyaknya atom yang tereksitasi terhadap atom yang berada pada tingkat dasar harus cukup besar, karena metode serapan atom hanya bergantung pada perbandingan ini dan tidak bergantung pada temperatur. Metode serapan atom sangatlah spesifik, logam-logam yang membentuk campuran kompleks dapat dianalisa dan selain itu tidak selalu diperlukan sumber energi yang besar (Khopkar, 1990).

Metode spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi kualitas atom logam yang terdapat dalam suatu larutan (Underwood, 2002).

Prinsip dasar spektroskopi serapan atom adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. Teknik ini didasarkan pada emisi dan absorpsi dari uap atom. Atom-atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya, misalnya pada logam timbal menyerap pada panjang gelombang 283,3 nm. Cahaya pada panjang gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Atom yang berada pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi. Komponen kunci pada metode ini adalah sistem yang dipakai untuk menghasilkan uap atom dalam sampel. Metode spektroskopi serapan atom ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Keberhasilan analisis ini bergantung pada proses eksitasi dan cara memperoleh garis resonansi yang tepat (Khopkar, 1990).

Menurut Sugiharto (1992 dalam Anggit, 2013), prinsip dasar dari analisis instrument spektroskopi serapan atom dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Atomisasi yaitu pengubahan bentuk unsur yang akan dianalisis dari bentuk ion menjadi atom bebas dalam keadaan dasar. Untuk memperoleh atom bebas dalam

keadaan dasar, diperlukan energi yang cukup besar. Pada SSA energi tersebut diperoleh dari energi panas nyala api, yang dihasilkan oleh pembakaran campuran antara gas pembakar dengan oksidan, tergantung dari temperatur nyala yang dikehendaki. Sistem pengatoman dengan nyala api sering disebut dengan istilah “*Burner Nebulezer*” yang terdiri atas sistem pengabut (*nebulezer*) dan sistem pembakar (*burner*). Dalam metode SSA, sebagaimana dalam metode spektrometri atomik yang lain, sampel harus diubah ke dalam bentuk uap atom. Proses pengubahan ini dikenal dengan istilah atomisasi, pada proses ini contoh diuapkan dan didekomposisi untuk membentuk atom dalam bentuk uap. Secara umum 18 pembentukan atom bebas dalam keadaan gas melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

- a. Penguapan pelarut, pada tahap ini pelarut akan teruapkan dan meninggalkan residu padat.
 - b. Penguapan zat padat, zat padat ini terdisosiasi menjadi atom-atom penyusunnya yang mula-mula akan berada dalam keadaan dasar.
 - c. Beberapa atom akan mengalami eksitasi ke tingkatan energi yang lebih tinggi dan akan mencapai kondisi dimana atom-atom tersebut mampu memancarkan energi.
2. Interaksi antara bahan dengan materi Interaksi antara bahan dengan radiasi yaitu bila sejumlah sinar radiasi dengan panjang gelombang tertentu yang berasal dari lampu katoda cekung dilewatkan melalui sistem yang mengandung populasi atom dari unsur-unsur yang berada pada tingkat energi dasar yang sama atau yang sesuai akan terjadi interaksi antara sinar dengan atom-atom. Transisi elektron dari suatu tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi hanya bisa terjadi

apabila ada penyerapan sejumlah energi tertentu pada proses interaksi antara materi dengan berbagai energi. Keadaan pada tingkat energi yang lebih tinggi disebut atom berada pada keadaan tereksitasi, yang sifatnya tidak stabil dan akan kembali ke keadaan dasar

Menurut Sugiharto (1992 dalam Anggit, 2013), terdapat tujuh komponen utama pada instrument spektrofotometri serapan atom yaitu:

1. Sumber Cahaya Sumber cahaya yang dapat dipakai pada SSA adalah yang dapat menghasilkan cahaya garis (spektrum garis) jadi berbeda dengan sumber cahaya pada spektrofotometri UV-Vis. Agar diperoleh cahaya garis maka pada SSA digunakan lampu katode sebagai sumber cahaya Sumber Cahaya Sumber cahaya yang dapat dipakai pada SSA adalah yang dapat menghasilkan cahaya garis (spektrum garis) jadi berbeda dengan sumber cahaya pada spektrofotometri UV-Vis. Agar diperoleh cahaya garis maka pada SSA digunakan lampu katode sebagai sumber cahaya.

2. Sistem Atomisasi

Sistem pengatoman untuk menghasilkan atom-atom bebas sebagai media absorpsi atau sel serapan.

3. Sistem Optik

Sistem optik pada SSA berfungsi sebagai pengumpul cahaya dari sumbernya, mengarahkannya kedalam atom-atom serta ke monokromator. Sistem optik terdiri dari susunan beberapa lensa yang terbuat dari gelas silikat dan dapat menstransmisikan cahaya pada panjang gelombang 190 nm-900 nm.

4. Monokromator

Monokromator pada SSA berfungsi untuk mengisolasi sinar yang diperlukan dengan panjang gelombang tertentu dari sinar yang dihasilkan oleh lampu katoda.

5. Amplifier

Amplifier (penguat sinyal) berfungsi sebagai penguat sinyal listrik yang dihasilkan oleh detektor.

6. Detektor

Detektor berfungsi sebagai bentuk energi cahaya menjadi menjadi arus listrik.

7. Sistem Pembacaan (recorder)

Merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat dibaca Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel.

Keuntungan dari metode spektroskopi serapan atom yaitu mempunyai kepekaan yang tinggi dan batas limit deteksi yang rendah, dari larutan yang sama, beberapa unsur yang berlainan dapat diukur, output data dapat dibaca langsung, cukup ekonomis, batas kadar yang dapat ditentukan adalah amat luas (ppm hingga %) dan sistemnya relatif mudah (Anggit, 2013).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai bulan Juni sampai September 2016 di Laboratorium Biokimia, Laboratorium Kimia Analitik, Laboratorium Riset dan Laboratorium Genetika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang digunakan adalah spektroskopi serapan atom, spektroskopi UV-Vis, inkubator, *autoclave*, *refrigerated centrifuge*, *shaker waterbath*, *laminar air flow*, oven, neraca analitik, erlenmeyer 250 mL, erlenmeyer 300 mL, erlenmeyer 500 mL, gelas kimia 100 mL, gelas kimia 250 mL, gelas kimia 50 mL, labu takar 1000 mL, labu takar 100 mL, cawan petri, tabung reaksi, tabung sentrifuse 50 ml, kawat ose, botol semprot, botol fial, spatula dan batang pengaduk

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah alkohol 70%, aluminium foil, aquades (H_2O), aquabides (*water one*), asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO_3), bakteri *Streptococcus mutans*, kapas, kertas pH universal, kertas saring *whatmann* No.41, label, masker, natrium hidroksida (NaOH), *nutrient agar* (NA), *nutrient broth* (NB), *plastic wrapping*, perban, safe gloves, timbal nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) dan tisu

C. *Prosedur Kerja*

Prosedur kerja pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini disterilkan dalam oven pada suhu 180°C selama ± 15 menit (sterilkan kering), media disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit (sterilisasi basah) (Toy, 2015).

2. Pembuatan *Nutrient Agar* (NA)

Menimbang 2,5 gr media NA kemudian larutkan dalam 100 ml, sterilkan dalam autoclave pada suhu 121°C selama 15 menit (Hafizah, 2015).

3. Pembuatan *Nutrient Broth* (NB)

Menimbang 0,8 gr media NB kemudian larutkan dalam 100 mL air, sterilkan dalam autoclave pada suhu 121°C selama 15 menit (Hafizah, 2015).

4. Pembuatan stok kultur bakteri *S. mutans*

Memasukkan media NA ke dalam beberapa cawan petri dan tabung reaksi. Mengambil satu ose bakteri *Streptococcus mutans* dari isolat murni kemudian gores pada cawan petri dan tabung reaksi yang telah berisi media NA. Masukkan ke dalam inkubator selama 1x24 jam (Dwiyana dan Johannes, 2013).

5. Pembuatan Kurva Pertumbuhan

Memasukkan media NB ke dalam Erlenmeyer 250 ml kemudian masukkan 5-7 ose bakteri ke dalam erlenmeyer yang telah berisi media NB. Homogenkan dalam *shaker water bath*. Melakukan sampling setiap 4 jam sekali dan analisis pada spektrofotometri UV-Vis sampai di dapat penurunan pertumbuhan bakteri (Yuliana, 2008).

6. Preparasi Biomassa

Memasukkan media cair NB kedalam beberapa Erlenmeyer 500 ml kemudian masukkan isolat bakteri 5-7 ose ke dalam masing-masing Erlenmeyer dan homogenkan dalam *shaker* selama waktu optimum pertumbuhan bakteri. Sentrifuse pada kecepatan 4000 rpm selama 15 menit dengan suhu 4°C. memisahkan filtratnya kemudian memanaskan pada suhu 70°C sampai di peroleh berat konstan (Tangahu dkk, 2013).

7. Pembuatan Larutan Baku Pb 1000 ppm

Menimbang sebanyak 1,5985 gram $\text{Pb}(\text{NO}_3)$ kemudian dilarutkan dengan HNO_3 1%. Larutan tersebut dimasukan kedalam labu takar 1000 mL. Kemudian dihipitkan sampai tanda batas.

8. Penentuan berat optimum

Menimbang biomassa bakteri sebanyak 0.1 gr, 0.15 gr, 0.2 gr, 0.25 gr dan 0.3 gr kemudian memasukkannya ke dalam Erlenmeyer lalu menambahkan 100 ml larutan Pb 10 ppm. mengatur pH larutan menjadi pH 4 dan mengaduk dengan kecepatan 150 rpm selama 120 menit. Setelah 120 menit larutan kemudian di sentrifuse. Menyaring filtrat dan menganalisis dengan SSA untuk menentukan kadar timbalnya yang tersisa dalam larutan (Suriya dkk, 2013).

9. Penentuan pH optimum

Menimbang biomassa sesuai massa optimum yang diperoleh kemudian dimasukkan dalam labu erlenmeyer lalu menambahkan 100 ml larutan Pb 10 ppm. Mengatur pH larutan menjadi pH 3, 4, 5, 6, 7, 8 menggunakan HCl 0,1 M dan NaOH 0,1 M. Menghomogenkan larutan pada 150 rpm selama 120 menit. Larutan

disentrifuse. Menyaring filtrat dan menganalisis dengan SSA untuk menentukan kadar timbalnya yang tersisa dalam larutan (Wulandari dkk, 2014).

10. Penentuan waktu kontak optimum

Menimbang biomassa sesuai massa optimum yang diperoleh kemudian dimasukkan dalam labu erlenmeyer lalu ditambahkan 100 ml larutan Pb 10 ppm. pH diatur sesuai pH optimum yang diperoleh menggunakan HCl 0,1 M dan NaOH 0,1 M. Larutan dihomogenkan pada 150 rpm dengan interval waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit. Larutan disentrifuse. Filtrat di saring dan dianalisis dengan SSA untuk menentukan kadar timbalnya yang tersisa dalam larutan (Wulandari dkk, 2014)..

11. Penentuan konsentrasi optimum

Menimbang biomassa sesuai massa optimum yang diperoleh kemudian memasukkan dalam Erlenmeyer lalu ditambahkan 100 ml larutan Pb 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm dan 50 ppm. Mengatur pH sesuai pH optimum yang diperoleh menggunakan HCl 0,1 M dan NaOH 0,1 M. Larutan dihomogenkan pada 150 rpm dengan waktu kontak optimum yang diperoleh. Larutan disentrifuse. Menyaring filtrat dan menganalisis dengan SSA untuk menentukan kadar timbalnya yang tersisa dalam larutan (Wulandari dkk, 2014).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Persiapan Biomassa Bakteri *Streptococcus mutans*

Isolat bakteri *Streptococcus mutans* yang diperoleh dari Laboratorium Biokimia Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin dilakukan peremajaan dengan menggunakan media nutrient agar (NA), kemudian dilakukan pengamatan pertumbuhan bakteri dengan mengukur *optical density* (OD) dengan panjang gelombang 660 nm pada kultur bakteri yang berumur 0-52 jam dengan selang waktu 4 jam sekali.

Tabel 4.1 Penentuan Waktu Fermentasi Terhadap Pertumbuhan Bakteri

Waktu Sampling (jam)	Nilai OD
0	0.0515
4	0.6044
8	1.5185
12	1.572
16	1.6736
20	1.7321
24	1.7361
28	1.8164
32	1.8576
36	1.8809
40	1.733
44	1.6141
48	1.523
52	1.494

Setelah itu, bakteri *Streptococcus mutans* di produksi pada waktu tumbuh maksimal, yaitu pada waktu 36 jam. Bakteri kemudian di keringkan pada suhu 70oC untuk menonaktifkan metabolismenya. Sel bakteri yang telah kering dan mati tidak lagi membutuhkan nutrisi tambahan lagi sehingga sifat toksik yang ada pada ion logam tidak mempengaruhi sifat selnya (Wildana dkk, 2013).

2. Data hasil pengukuran dengan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

a. Penentuan berat optimum

Biomassa yang telah kering dan mati kemudian digunakan untuk menyerap ion logam Pb dengan variasi berat 0.1, 0.15, 0.2, 0.25 dan 0.3 gram. Konsentrasi logam yang dikontakkan dengan biomassa adalah 10 ppm. pH diatur menjadi 4 dan waktu kontak biomassa dengan logam selama 120 menit.

Tabel 4.2 Pengaruh Berat Biomassa Terhadap Penyerapan Timbal oleh Biomassa

Biosorben (gram)	Konsentrasi ppm		Kapasitas
	Pb sisa	Pb terserap	
0.1	9.815	0.185	0.2
0.15	9.624	0.376	0.26
0.2	9.427	0.573	0.16
0.25	9.216	0.878	0.32
0.3	4.52	5.5	1.8

b. Penentuan pH Optimum

Setelah diperoleh berat biomassa optimum, yaitu 0.3 gram, parameter selanjutnya yang diukur adalah pH optimum. Biomassa seberat 0.3 gram dikontakkan dengan logam Pb dengan konsentrasi 10 ppm, pH divariasikan dari 3, 4, 5, 6 dan 7 serta waktu kontak biomassa dengan larutan Pb selama 120 menit.

Tabel 4.3 Pengaruh pH Terhadap Penyerapan Timbal Oleh Biomassa

pH	Konsentrasi ppm		Kapasitas
	Pb sisa	Pb terserap	
3	7.3	2.7	0.9
4	7.26	3.87	1.29
5	7.22	2.74	0.91
6	7.41	2.78	0.926
7	6.127	2.59	0.863

c. Penentuan Waktu Kontak Optimum

Parameter selanjutnya dalam penelitian ini adalah waktu kontak. Sebanyak 0.3 gram biomassa dikontakkan dengan logam Pb 10 ppm, pH diatur sesuai pH optimum yang diperoleh, yaitu 4 dan dengan bervariasi waktu kontak bakteri dengan logam Pb selama 30, 60, 90, 120 dan 150 menit.

Tabel 4.4 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyerapan Timbal oleh Biomassa

Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi ppm		Kapasitas
	Pb sisa	Pb terserap	
30	7.4	2.6	0.866
60	7.49	2.51	0.836
90	7.32	2.68	0.896
120	7.37	2.63	0.876
150	7.34	2.61	0.87

d. Penentuan Konsentrasi Optimum

Parameter terakhir pada penelitian ini menggunakan berat biomassa, pH dan waktu kontak optimum dengan konsentrasi logam Pb 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm.

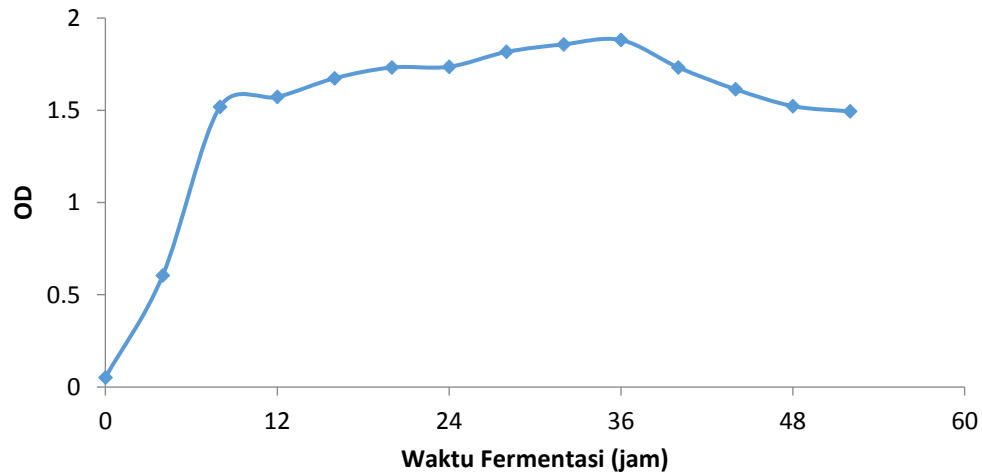
Tabel 4.5 Konsentrasi Logam Timbal Terhadap Berat Biomassa, pH Dan Waktu Kontak

Optimum			
Konsentrasi (ppm)			Kapasitas
Pb awal	Pb sisa	Pb terserap	
10	9.361	0.638	0.212
20	19.797	0.202	0.067
30	30	0	0
40	39.271	0.729	0.243
50	49.664	0.335	0.111

B. Pembahasan

1. Penentuan Waktu Fermentasi Bakteri *Streptococcus mutans*

Bakteri yang telah di ditumbuhkan di media baru, dilakukan pengamatan pertumbuhan bakteri dengan mengukur optical density (OD) pada spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 660 nm pada bakteri yang berumur 52 jam dengan selisih waktu setiap 4 jam.



Gambar 4.1 Kurva Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus mutans*

Data dari Gambar 4.1 menunjukkan fase adaptasi pada pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* ini teramati pada rentang waktu 0-4 jam. Apabila suatu mikroba dipindahkan ke dalam suatu media baru, umumnya pertumbuhannya tidak langsung teramati. Hal ini merupakan waktu penyesuaian mikroba ke suatu lingkungan atau pada umumnya memasuki fase adaptasi, data di atas menunjukkan adanya fase adaptasi. Jika suatu bakteri dipindahkan ke suatu media, awalnya akan bakteri akan kondisi lingkungan di sekitarnya.

Kurva pertumbuhan menunjukkan dari 4-8 jam bakteri *Streptococcus mutans* teramati telah memasuki fase eksponensial yang dicirikan laju pertumbuhan sel meningkat secara cepat seiring dengan bertambahnya waktu. Pada fase eksponensial ini merupakan periode pembiakan yang cepat dan merupakan periode yang didalamnya biasa teramati ciri khas sel-sel yang aktif.

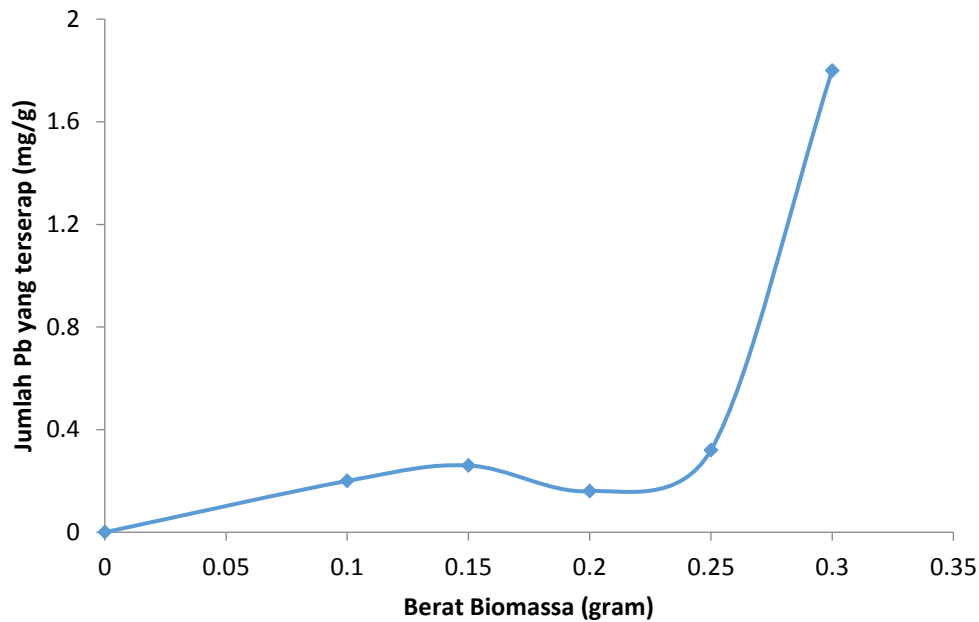
Selanjutnya pada waktu pertumbuhan 12-36 jam bakteri *Streptococcus mutans* mengalami fase pertumbuhan yang relatif sama atau dapat dikatakan pada 12-36 jam bakteri *Streptococcus mutans* memasuki fase stasioner. Suatu kultur bakteri yang mencapai fase ini tidak menunjukkan lagi penambahan jumlah sel yang sangat signifikan atau dengan kata lain, kecepatan tumbuh sama dengan kecepatan kematian. Hal ini disebabkan karena berkurangnya substrat dan kepadatan populasi sel sangat tinggi.

Pada waktu inkubasi 40-52 jam data dari kurva di atas menunjukkan tidak adanya penambahan jumlah sel yang terjadi atau bakteri *Streptococcus mutans* memasuki fase kematian. Pada fase ini mikroba yang ada tidak akan melakukan kegiatan metabolisme, nutrisi sangat terbatas sehingga banyak sel yang mati. Jumlah sel yang mati bertambah secara eksponensial atau kebalikan dari fase eksponensial pertumbuhan. Sel hidup hanya akan bertahan untuk sementara dan waktu generasi sangat lama atau bahkan tidak ada sama sekali.

A. Penentuan Berat Biomassa Optimum *Streptococcus mutans*

Uji biosorpsi ini dilakukan untuk melihat kemampuan bakteri *Streptococcus mutans* dalam menyerap logam timbal. Biomassa yang digunakan dalam penelitian ini adalah biomassa yang kering dan mati. Hal ini dilakukan karena biomassa mati tidak membutuhkan lagi nutrisi tambahan karena penggunaan biomassa hidup dan basah

memiliki sel-sel hidup yang berperan sebagai biosorben dalam penghapusan logam berat mengakibatkan kematian pada selnya sedangkan ion logam yang diserap sel biomassa mati tidak akan mempengaruhi sifat selnya.



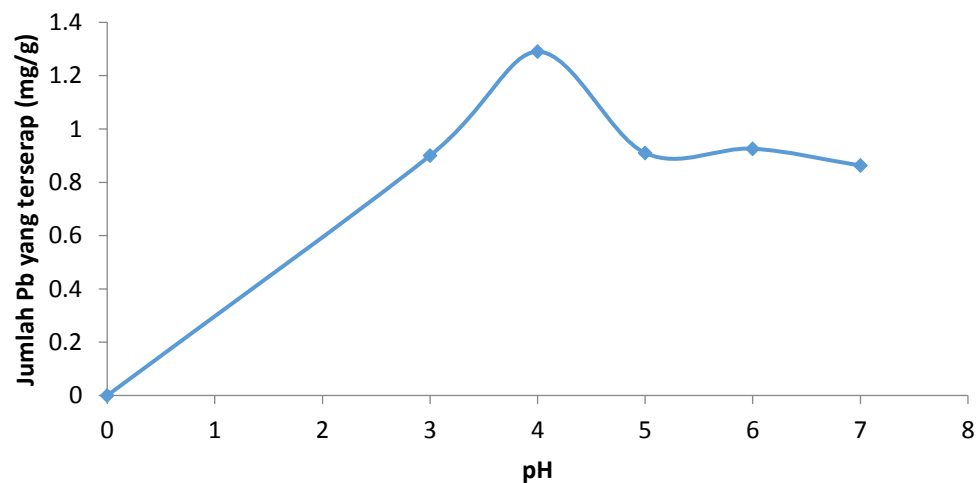
Gambar 4.2 Penentuan Berat Optimum Biomassa

Gambar 4.2 menunjukkan konsentrasi logam Pb yang terserap terhadap berat biomassa kering. Pada saat menggunakan berat biomassa kering terkecil yaitu 0,1 gram konsentrasi logam Pb yang terserap sebesar 0,2 mg/g. Selanjutnya pada penggunaan 0,15 gram biomassa kering tidak jauh berbeda dari biomassa kering sebelumnya yaitu mampu menyerap logam Pb sebesar 0,26 mg/g. Logam Pb yang terserap pada berat biomassa 0,2 gram yaitu 0,16 mg/g. Terjadi peningkatan dua kali lipat penyerapan konsentrasi logam Pb dari berat sebelumnya dengan menggunakan berat biomassa kering 0,25 gram yaitu 0,32 mg/g. Konsentrasi logam Pb yang paling banyak terserap

di peroleh pada berat biomassa kering 0,3 gram adalah 1,8 mg/g pada kondisi pH 4. Sesuai dalam penelitian yang dilakukan oleh Wulandari dkk (2014) berat biomassa optimum yang digunakan untuk menyerap logam Pb terjadi pada berat 0.25 gram dan mengalami penurunan yang sangat signifikan setelah penambahan berat biomassa menjadi 0.35 gram. Semakin berat biomassa kering yang digunakan, maka semakin bertambah pula konsentrasi logam Pb yang terserap. Penambahan jumlah biomassa kering sangat berpengaruh terhadap kapasitas biosorpsi logam Pb, hal ini sesuai dengan pernyataan Wulandari Y dkk (2014) bahwa pada saat adanya peningkatan bobot biosorben maka terjadi peningkatan penyerapan.

2. Penentuan pH Optimum

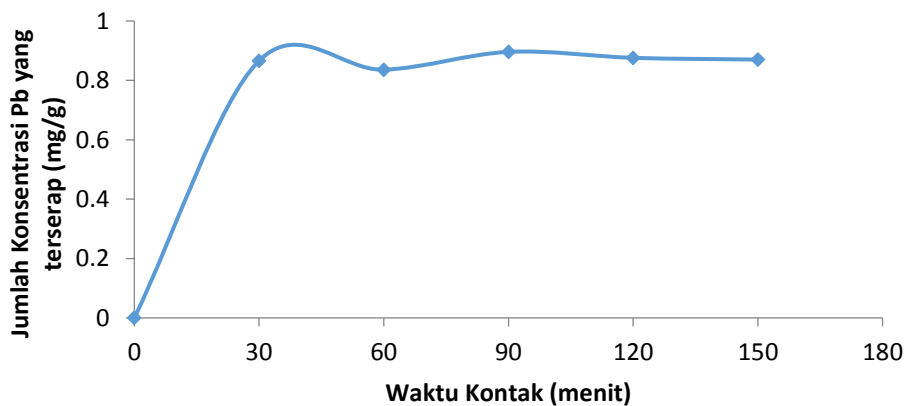
Aktivitas hidup suatu organism sangat dipengaruhi oleh lingkungannya. Perubahan yang terjadi pada lingkungan turut mempengaruhi perubahan organisme. Bakteri sendiri memiliki kepekaan yang tinggi terhadap perubahan lingkungan (Alimuddin, 2005). Perubahan lingkungan yang dimaksud adalah pH.



Gambar 4.3 Penentuan pH Optimum

Salah satu parameter yang penting dalam mempengaruhi kapasitas penyerapan bakteri terhadap logam adalah pH. Data dari Gambar 4.3 menunjukkan pada pH 3 terjadi penyerapan logam Pb yang besar yaitu sebanyak 0,9 mg/g. Pada kondisi pH 4 mengalami kenaikan penyerapan konsentrasi logam Pb yaitu sebesar 1,29 mg/g. pH 5 terjadi penyerapan sebesar 0.91 mg/g konsentrasi logam Pb dari konsentrasi awal sebesar 10 mg/L. Selanjutnya pada pH 6 jumlah konsentrasi yang terserap sebesar 0.926 mg/g serta terjadi penyerapan sebesar 0,863 mg/g pada pH 7. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Haroen (2002) yaitu *Streptococcus mutans* umumnya memiliki kisaran toleransi asam pada pH 4-7. Pada kondisi asam yang tinggi biomassa umumnya terprotonasi atau bermuatan positif sehingga tidak mampu untuk mengikat Pb^{2+} karena adanya gaya tolak menolak karena Pb^{2+} bermuatan positif. Sedangkan pada pH optimum terjadi netralisasi ion positif dan negatif, sehingga adsorpsi berlangsung maksimal (Komari dkk, 2008).

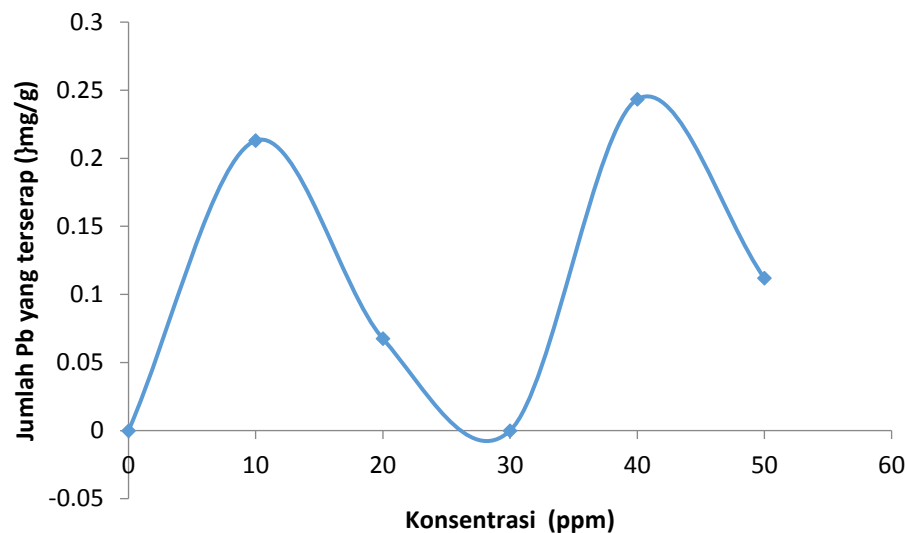
3. Penentuan Waktu Kontak Optimum



Gambar 4.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum

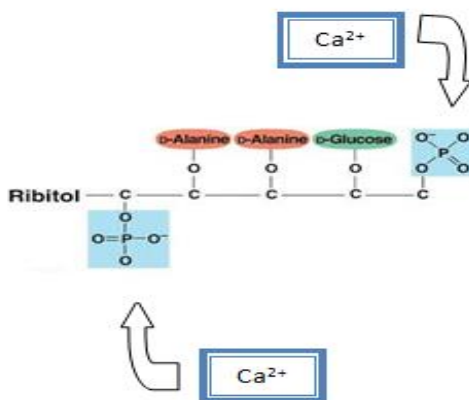
Data dari Gambar 4.4 menunjukkan pada waktu kontak 30 menit terjadi penyerapan sebesar 0,866 mg/g kemudian penyerapan logam timbal pada waktu kontak 60 menit yaitu sebesar 0,836 mg/g. Selanjutnya pada waktu kontak 90 menit mengalami penyerapan optimum dengan menyerap logam Pb sebesar 0,896 mg/g. Pada waktu kontak ke 120 menit terjadi penyerapan sebesar 0.876 mg/g dan pada variasi waktu kontak terakhir yaitu pada waktu 150 menit terjadi penyerapan sebesar 0,87 mg/g. Biomassa akan mengikat timbal pada rentang waktu yang spesifik, artinya tiap jenis biomassa memiliki kemampuan untuk mengikat ion-ion logam hingga maksimum (Komari dkk, 2008). Penurunan kemampuan biomassa dalam menyerap logam Pb setelah waktu kontak optimum, dikarenakan karena semakin lama waktu kontak maka semakin banyak pula logam Pb yang terserap, namun pada waktu kontak tertentu penyerapan kadar logam Pb menurun. Hal ini kemungkinan terjadi proses desorpsi (Sumbu dkk, 2012).

4. Kapasitas Biosorpsi Ion Logam Timbal



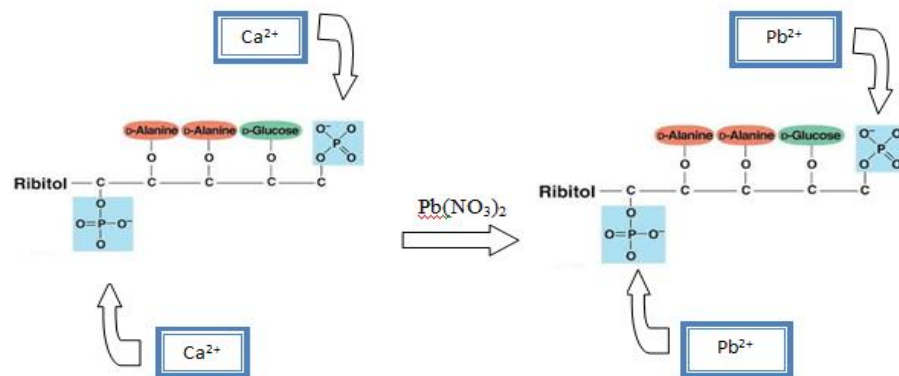
Gambar 4.5 Kapasitas Biosorpsi

Data dari Gambar 4.5 pengaruh variasi konsentrasi logam Pb menunjukkan konsentrasi 10 mg/L terjadi penyerapan 0,213 mg/g, pada larutan dengan konsentrasi 20 mg/L hanya terjadi penyerapan sebesar 0,067 mg/g. Pada konsentrasi logam Pb 30 mg/L tidak terjadi penyerapan sama sekali. Selanjutnya pada konsentrasi 40 mg/L terjadi penyerapan yaitu sebesar 0,243 mg/g serta terakhir pada konsentrasi 50 mg/L terjadi penurunan penyerapan sebesar 0,111 mg/g. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah menyatakan bahwa kadar logam timbal paling tinggi di lingkungan adalah 0.1 ppm (Permen LH, 2014). Penggunaan biomassa mati pada penelitian ini dimaksudkan agar terjadi penyerapan logam timbal dengan metabolit sekunder yang ada pada bakteri *Streptococcus mutans*, dimana cara ini lebih baik dibandingkan menggunakan biomassa hidup karena sifat toksik yang ada pada logam timbal akan mematikan sel-sel yang terdapat pada bakteri. Bakteri *Streptococcus mutans* merupakan bakteri gram positif yang memiliki dinding sel yang tebal yang terdiri dari peptidoglikan dan molekul tambahan yaitu asam teikoat (Schlag dkk, 2010). Pengikatan ion logam timbal pada biomassa *Streptococcus mutans* adalah asam teikoat. Struktur asam teikoat dapat dilihat pada Gambar 4.5 di bawah.



Gambar 4.5 Struktur Asam Teikoat

Untuk mengurangi energi elektrostatis yang saling menyerang pada gugus fosfat yang saling berdekatan, asam teikoat menjadi pengatur homeostatis muatan dinding sel dengan mengikat ion logam monovalent dan divalent dari lingkungannya (Schlag dkk, 2010). Pada saat pengontakkan biomassa mati dengan logam timbal, ion logam Pb akan menggantikan ion divalent yang terikat pada gugus fosfat pada asam teikoat. Gambar 4.6 menunjukkan proses penggantian ion divalent dengan ion logam timbal.



Gambar 4.6 Penggantian ion divalent dengan ion logam

Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa pada proses biosorpsi, mekanisme pengikatan ion logam berat dengan dinding sel terjadi dengan dua cara, yaitu pertama pertukaran ion dimana ion monovalen atau divalent yang berada pada dinding sel seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} dan lainnya akan digantikan dengan ion logam berat. Kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan fungsional grup seperti karboil, amino, thiol, hidroksi, fosfat dan hidroksil-karboksil yang terdapat pada dinding sel. Proses pengikatan ion logam berat dengan dinding sel dapat terjadi pada sel mati maupun sel hidup dari biomassa (Suhendrayatna, 2001).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Berat optimum biomassa kering *Streptococcus mutans* adalah pada berat 0,3 gram dengan penyerapan logam timbal mencapai 1,8 mg/g.
2. pH optimum dari biomassa *Streptococcus mutans* berada pada pH 4 dengan penyerapan logam timbal sebesar 1,29 mg/g.
3. Waktu kontak optimum biomassa *Streptococcus mutans* pada penelitian ini yaitu pada waktu kontak 90 menit dengan penyerapan logam timbal sebesar 0,896 mg/g.
4. Konsentrasi optimum logam timbal yaitu pada konsentrasi 50 mg/L dengan penyerapan sebesar 0,243 mg/g.

B. Saran

Sebaiknya untuk mendapatkan jumlah biomassa kering digunakan alat pengering beku atau *freeze dried* karena alat ini dapat menghasilkan jumlah biomassa kering lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Quran.

Abdullah. “*Tafsir Ibnu Katsir Jilid 6*”. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi’I, 2004.

Ahalya, N, T.V, et al. “Biosorption of Heavy Metals”. *Research Journal of Chemistry and Environment*. Vol 7, No. 4 (2003). H: 71-78.

Adi S, Erwan & Nanah Dyah S. “Pengurangan Konsentrasi Ion Pb Dalam Limbah Air Electroplating Dengan Proses Biosorpsi Dan Pengadukan”. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 5, No. 1 2010. H: 373-379.

Ali, Alimuddin. *Mikrobiologi Dasar Jilid 2*. Makassar: Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar, 2006.

Alluri, Hima Karnika, Dkk. Biosorption: An Eco-Friendly Alternative For Heavy Metal Removal. *African Journal Of Biotechnology*. Vol. 6, 2007.

Andrianto, Kiki. Efek Antibakteri Polifenol Biji Kakao Pada *Streptococcus mutans*. *Skripsi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember*, 2012.

Anggit WM, Aurelia. Analisis Krom (Iii) Dengan Metode Kopresipitasi Menggunakan Nikel Dibutilditiokarbamat Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang*, 2013

Arisandy K.L. dkk. “Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur”, *Jurnal Penelitian Perikanan* 1(1) (2012). ISSN : 2337-621X.

Azmiyawati, Choiril. Kajian Kinetika Adsorpsi Mg(Ii) Pada Silika Gel Termodifikasi Gugus Sulfonat. *Jksa*, Vol.Vii, No.1, Agustus 2006

Badjoeri, Muhammad dan Hafidh Zarkasyi. Isolasi Dan Seleksi Bakteri Bioremoval Logam Berat Merkuri. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi V*. 2010.

Darmono. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI-Press, 1995.

Das, Nilanjana dan R. P. Vimala Karthika. Biosorpsi Logam Berat. *India Jurnal Teknologi* Vol 7, 2008.

Dwiyana, Zaraswati dan Johannes, Eva. “Uji Efektivitas Ekstrak Alga Merah *Eucheuma cottonii* sebagai Antibakteri terhadap Bakteri Patogen”. Fakultas MIPA (2013).

Ginting, Ferdinand Delesev. Pengujian Alat Pendingin Dua Adsorber Dengan Menggunakan Methanol 1000 ml Sebagai Refrigan. *Skripsi FT UI*, 2008.

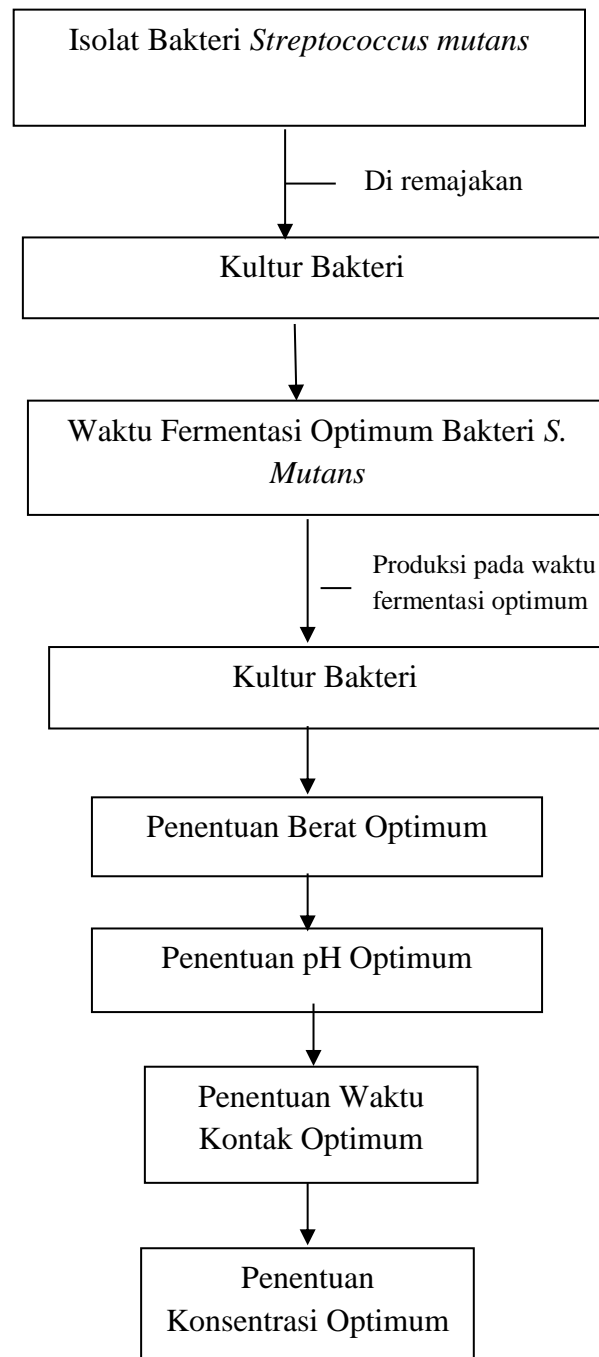
Hafizah, Indria, dkk. “Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol Rumput Laut (*Eucheuma sp*) pada berbagai Tingkat Konsentrasi terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*”. *FK UHO* (2015).

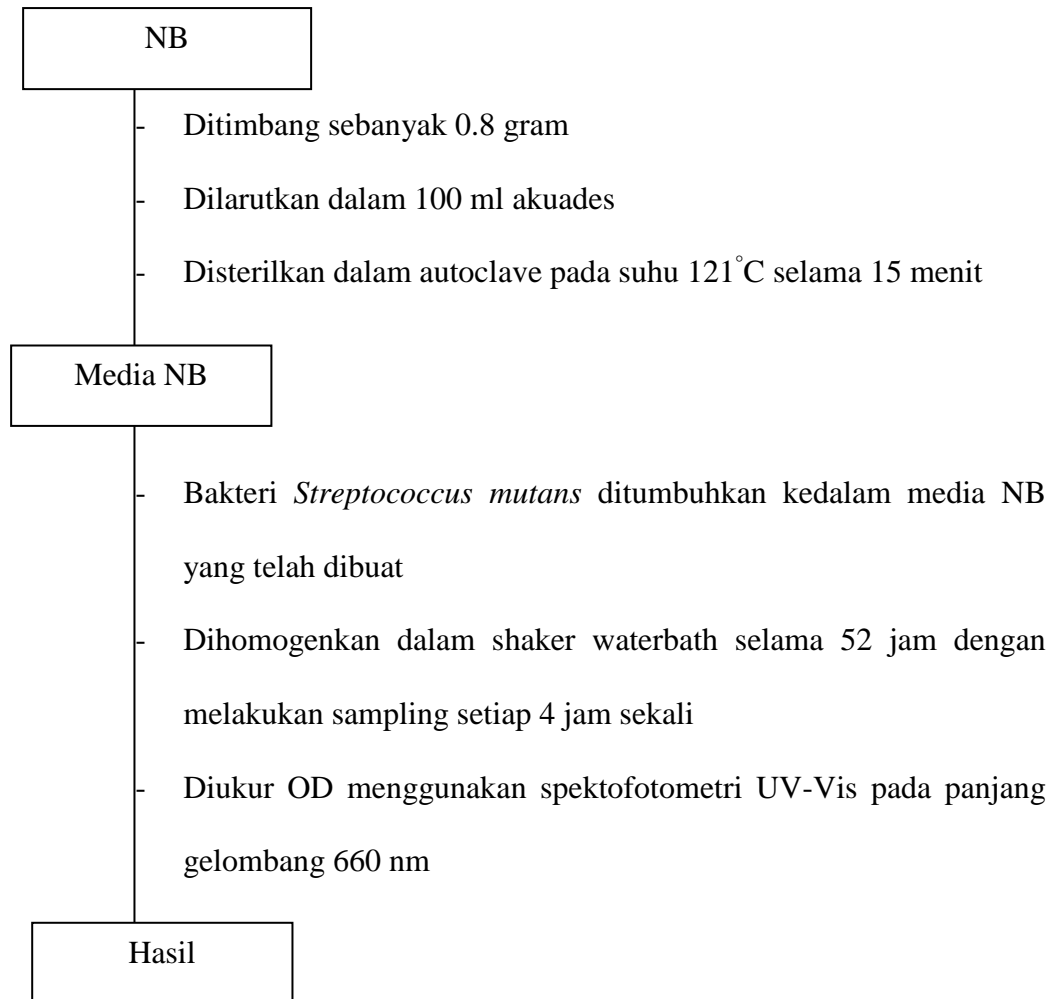
Haroen, ER. “Pengaruh Stimulus Penguyahan dan Pengecapan Terhadap Kecepatan Aliran dan pH Saliva”. *Jurnal Kedokteran Gigi UI*, 2002.

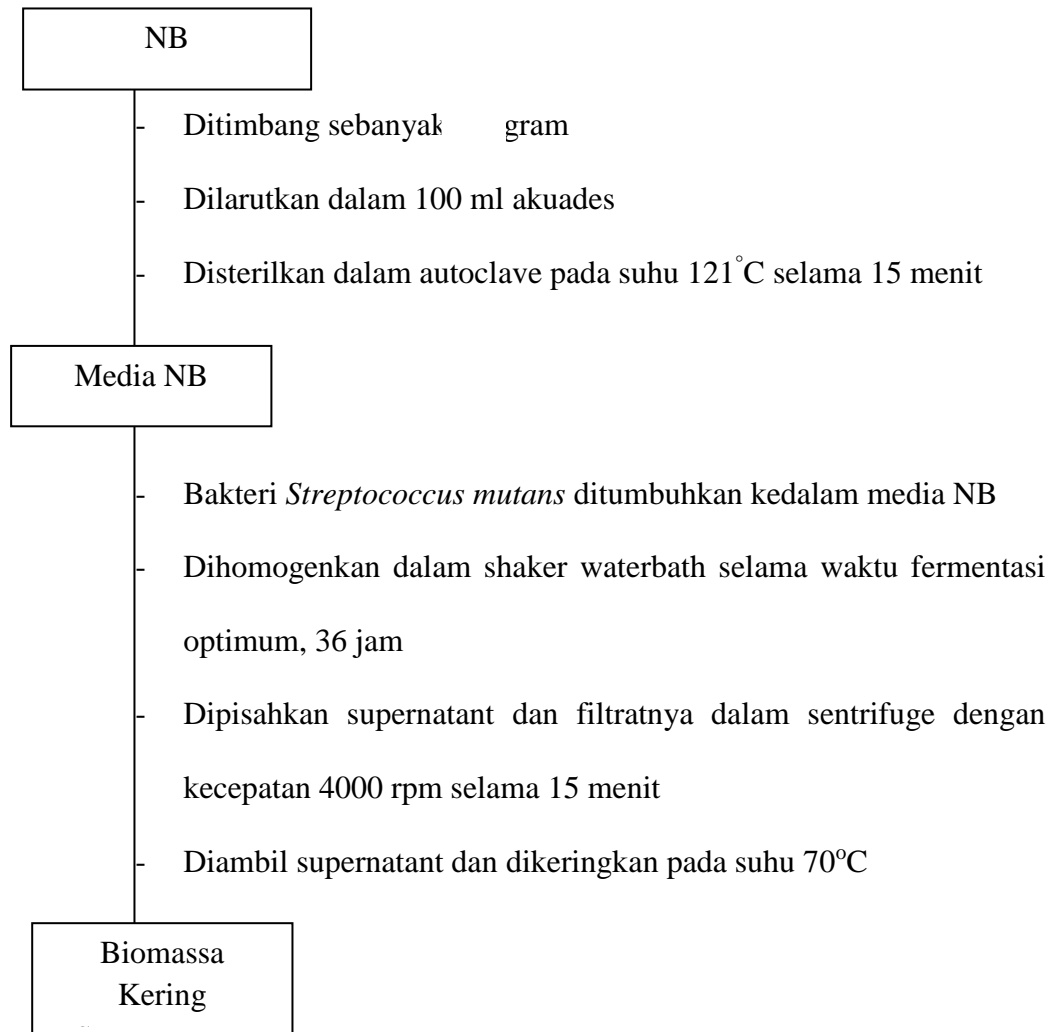
- Herman, Danny Zulkifli. Tinjauan Terhadap *Tailing* Mengandung Unsur Pencemar. Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), Dan Kadmium (Cd) Dari Sisa Pengolahan Bijih Logam. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 1 No. 1, 2006.
- Hughes, Martin N. and Robert K. Poole. Metal Speciation And Microbial Growth-The Hard (and Soft) Facts. *Journal of General Microbiology*, 1991.
- Husain, Dirayah R. dan Irna Haemi Muchtar. Bakteri Pengkompleks Logam Pb Dan Cd Dari Limbah Cair PT. Kawasan Industri Makassar. *Marina Chimica Acta*, Vol. 6 No.1, 2005. ISSN 1411-2132.
- Ichsan, B. Zanuar. Efek Antibakteri Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum*) Terhadap Pertumbuhan *Streptococcus mutans* Secara *In Vitro*. *Skripsi* Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2009.
- Kementerian Agama RI. *Al-Qur'an dan Terjemahnya*. Bandung: Penerbit CV Media Fitrah Rabbani. 2010.
- Kohar, Indrajati dkk. Studi Kandungan Logam Pb Dalam Tanaman Kangkung Umur 3 Dan 6 Minggu Yang Ditanam Di Media Yang Mengandung Pb. *Makara, Sains*, Vol. 9, No. 2, 2005.
- Kurniasari, Laeli. Pemanfaatan Mikroorganisme Dan Limbah Pertanian Sebagai Bahan Baku Biosorben Logam Berat. *Momentum*, Vol. 6, No. 2, 2010.
- Kusuma, I Dewa Gede Dwi Prabhasastra, dkk. "Isoterm Adsorpsi Cu^{2+} Oleh Biomassa Rumput Laut *Eucheuma Spinosum*", *E-Jurnal kimia Visvitalitas UNV Pendidikan Genesha*, Vol. 2, No. 1 (2014). H: 1-10.
- Mitra, Nath Gyanendra. *Regulation Of By Plants A Biochemical And Molecular Approach*. India. Springer New Delhi, 2015.
- Mogi, Karen Tizia dkk. Bakteri Resisten Merkuri (Hg) Pada Plak Gigi Pasien Dengan Tumpatan Amalgam Di Puskesmas Bahu. 2012.
- Palar, Heryando Drs. "*Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*", PT. Asdi Mahasatya, Jakarta: 2004.
- Schlag M, dkk. "Role Of Staphylococcal Wall Teichoic Acid In Targeting The Major Autolysin". *Journal Mol Microbial*. Vol. 4, No. 74. ISSN. 864-73, 2010.
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Almisbah Volume 2*. Jakarta: Lentera Hati, 2002.
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Almisbah Volume 10*. Jakarta: Lentera Hati, 2002.
- Siswati, Nana Dyah. Biosorpsi Logam Berat Plumbum (Pb) Menggunakan Biomassa *Phanerochaete Chrysosporium*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* Vol.1 No. 2, 2012.
- Sudarmaji, dkk. "Teknologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan", *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 2, No. 2 (2006). H: 129-142.
- Suhendrayatna. Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan. *Institute for Science and Technology Studies (ISTECS)-Chapter Japan*, 2001.

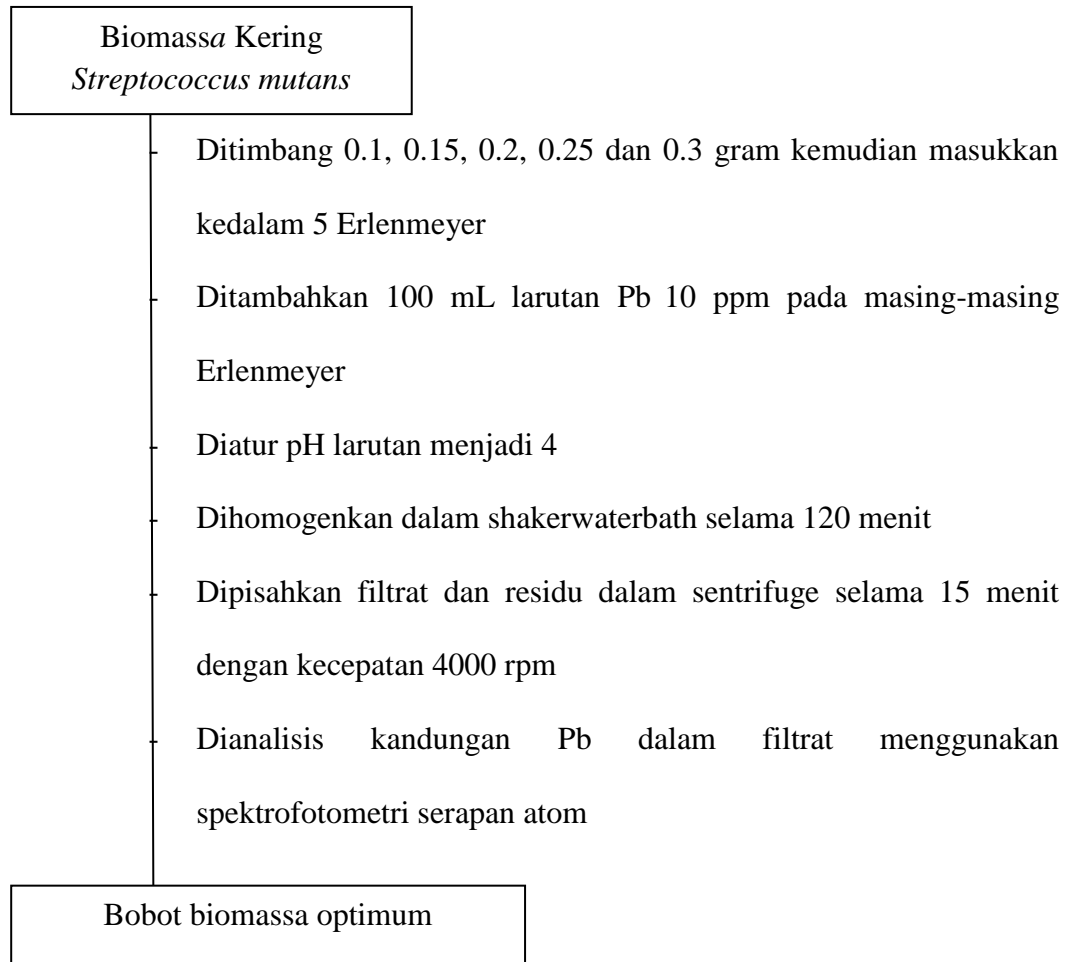
- Sumbu J, Kakalanga, dkk. "Screening Of Agricultural Waste For Ni (II) Adsorption: Kinetics, Equilibrium and Thermodynamic Studies". *Journal of The Physical Sciences*. Vol. 7, 2012.
- Suriya, J, dkk. "Biosorption Of Heavy Metals By Biomass Of Enterobacter Cloace Isolated From Metal-Poluted Soils". *International Journal Of ChemTech Research*. Vol. 5, No. 3. ISSN. 0974-4290, 2013.
- Tangahu, Bieby Voijant, dkk. "Biosorption Of Lead (Pb) By Bacillus Subtillis Isolated From Scirpus Grossus". *Department Of Environmental Engineering*, Institut Teknologi Sepuluh November. ISSN 978-602-95595-6-9, 2013.
- Toy, Torar. " Uji Daya Hambat Ekstrak Rumput Laut *Gracilaria* sp Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*" *e-Gigi* Vol. 3 No.1
- Wulandari, Y, dkk. "Adsorpsi Logam Timbal Dalam Larutan Menggunakan Kulit Ketela Rambat (*Ipomoea batatas* L) ". *Prosiding SNST*, FT Universitas Wahid Hasyim Semarang. ISBN. 978-602-99334-3-7, 2014.
- Yuliana, Neti. "Kinetika Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat Isolat T5 Yang Berasal Dari Tempoyak" *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian*. Vol. 13 No. 2, 2008.

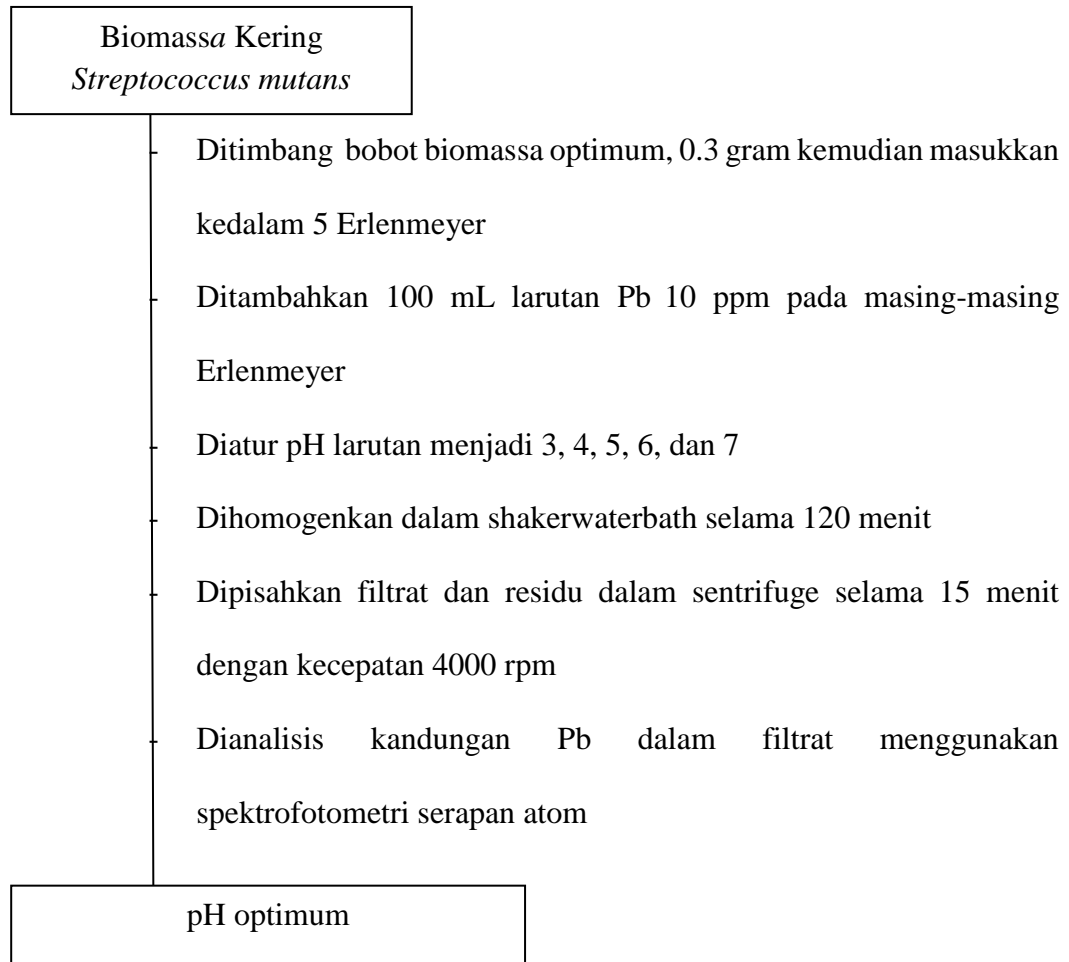
Lampiran 1. Skema Penelitian

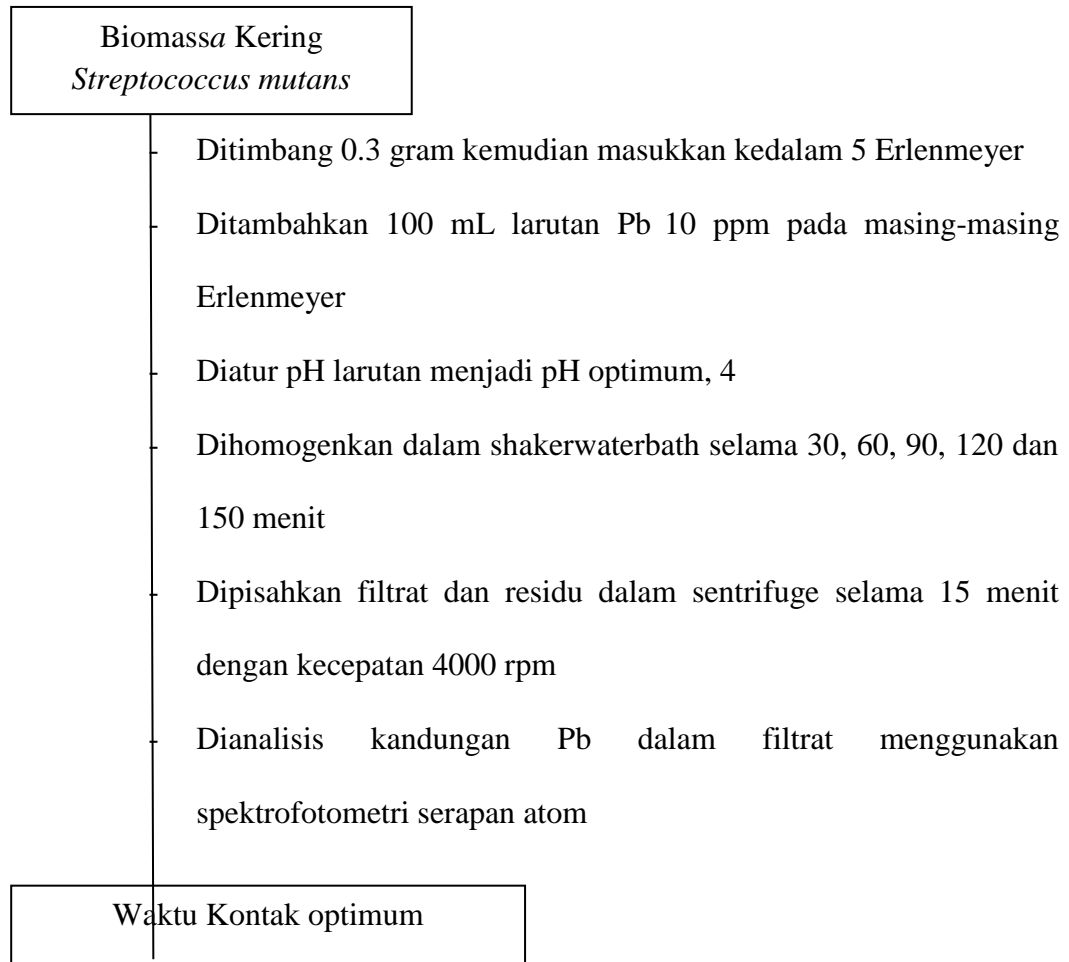


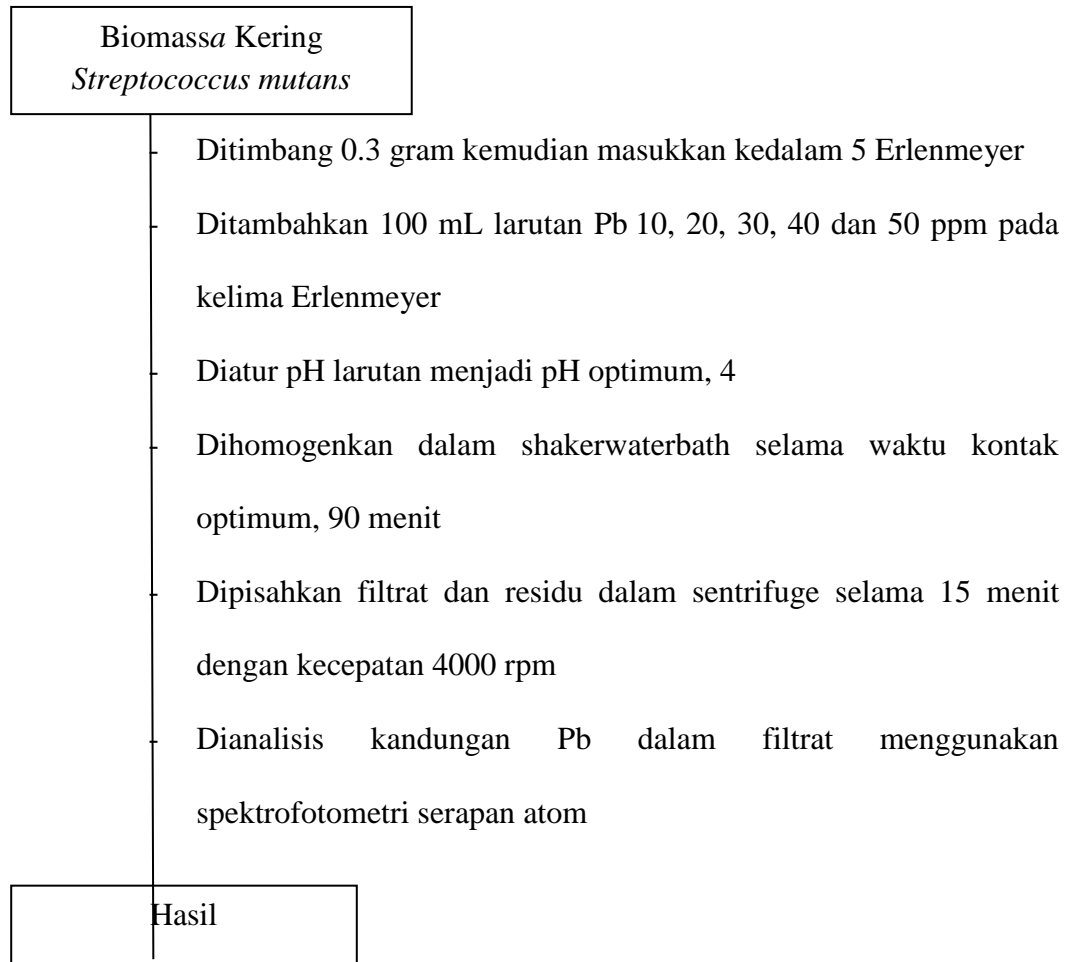
Lampiran 2. Penentuan Waktu Fermentasi Optimum

Lampiran 3. Persiapan Biomassa

Lampiran 4. Penentuan Berat Optimum

Lampiran 5. Penentuan pH Optimum

Lampiran 6. Penentuan Waktu Kontak Optimum

Lampiran 7. Penentuan Konsentrasi optimum

Lampiran 8. Data Perhitungan

A. Data standarisasi larutan

1. Berat biomassa

a. Standar

No	Larutan	Konsentrasi larutan (ppm)	Absorbansi
1	Blanko	0	0
2	Standar 1	2	0.0344
3	Standar 2	4	0.0758
4	Standar 3	6	0.106
5	Standar 4	8	0.1346
6	Standar 5	10	0.1593

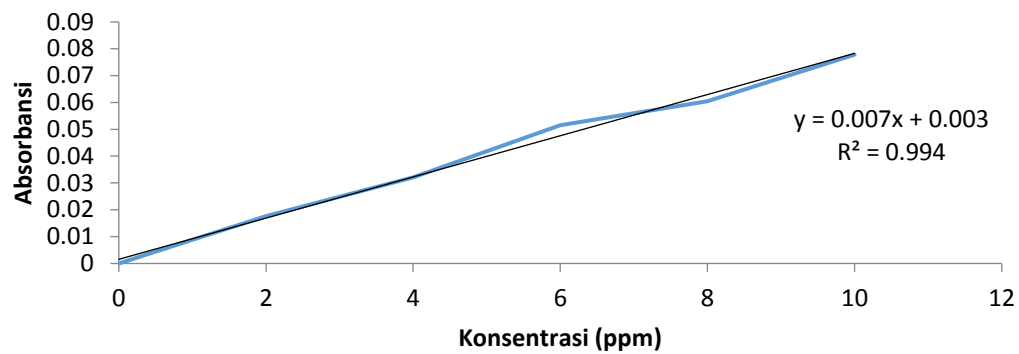
b. Sampel

No	Larutan	Konsentrasi larutan (ppm)	Absorbansi
1	Sampel 1	10	0
2	Sampel 2	10	0.0344
3	Sampel 3	10	0.0758
4	Sampel 4	10	0.106
5	Sampel 5	10	0.1346

c. Data hasil pengamatan pengaruh berat biomassa

No	Konsentrasi (x)	Absorbansi (y)	x^2	y^2	x.y
1	2	0.0344	4	0.00118	0.0688
2	4	0.0758	16	0.00575	0.3032
3	6	0.106	36	0.01124	0.636
4	8	0.1346	64	0.01812	1.0768
5	10	0.1593	100	0.02538	1.593
N=5	$\Sigma = 30$	$\Sigma = 0.5101$	$\Sigma = 220$	$\Sigma = 0.06166$	$\Sigma = 3.6778$

d. Grafik



2. pH

a. Standar

No	Larutan	Konsentrasi larutan (ppm)	Absorbansi
1	Blanko	0	0.006
2	Standar 1	2	0.0391
3	Standar 2	4	0.0835
4	Standar 3	6	0.1204
5	Standar 4	8	0.1566
6	Standar 5	10	0.1904

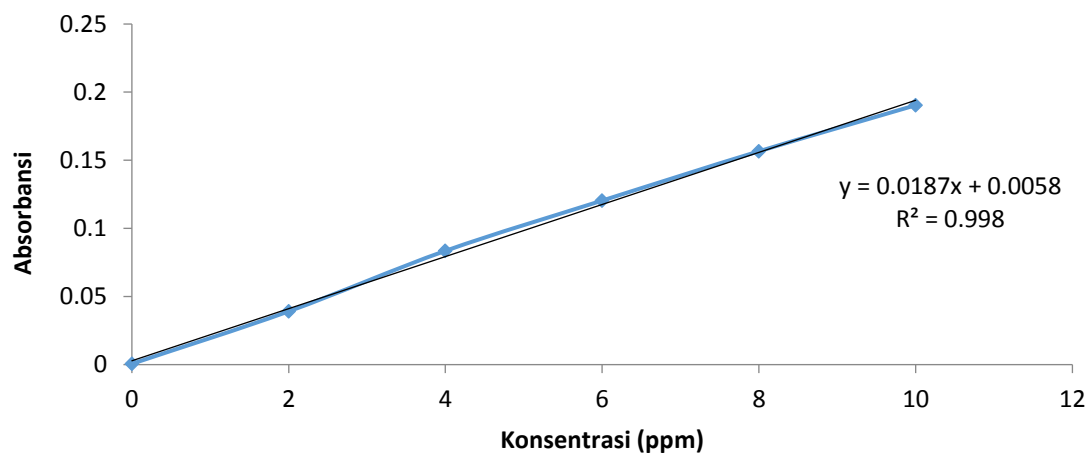
b. Sampel

No	Larutan	Konsentrasi larutan (ppm)	Absorbansi
1	Sampel 1	10	0.0716
2	Sampel 2	10	0.0706
3	Sampel 3	10	0.0738
4	Sampel 4	10	0.0658
5	Sampel 5	10	0.0347

c. Data hasil pengamatan pengaruh pH

No	Konsentrasi (x)	Absorbansi (y)	x^2	y^2	$x.y$
1	2	0.0391	4	0.00153	0.0782
2	4	0.0835	16	0.00697	0.334
3	6	0.1204	36	0.0145	0.7224
4	8	0.1566	64	0.02452	1.2528
5	10	0.1904	100	0.03625	1.904
N=5	$\Sigma=30$	$\Sigma=0.59$	$\Sigma=220$	$\Sigma=0.08377$	$\Sigma=4.2914$

d. Grafik



3. Waktu kontak

a. Standar

No	Larutan	Konsentrasi larutan (ppm)	Absorbansi
1	Blanko	0	0
2	Standar 1	2	0.0344
3	Standar 2	4	0.0758
4	Standar 3	6	0.106
5	Standar 4	8	0.1346
6	Standar 5	10	0.1593

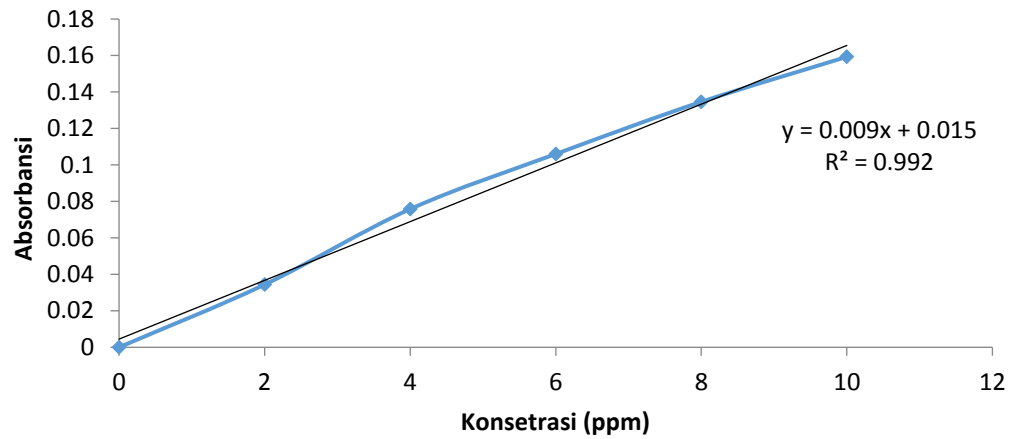
b. Sampel

No	Larutan	Konsentrasi larutan (ppm)	Absorbansi
1	Sampel 1	10	0.12
2	Sampel 2	10	0.1214
3	Sampel 3	10	0.1188
4	Sampel 4	10	0.1196
5	Sampel 5	10	0.1191

c. Data hasil pengamatan pengaruh waktu kontak

No	Konsentrasi (x)	Absorbansi (y)	x^2	y^2	$x.y$
1	2	0.0344	4	0.00118	0.0688
2	4	0.0758	16	0.00575	0.3032
3	6	0.106	36	0.01124	0.636
4	8	0.1346	64	0.01812	1.0768
5	10	0.1593	100	0.02538	1.593
N=5	$\Sigma=30$	$\Sigma=0.5101$	$\Sigma=220$	$\Sigma=0.06166$	$\Sigma=3.6778$

d. Grafik



4. Konsentrasi

a. Standar

No	Larutan	Konsentrasi larutan (ppm)	Absorbansi
1	Blanko	0	0
2	Standar 1	2	0.0806
3	Standar 2	4	0.1489
4	Standar 3	6	0.2123
5	Standar 4	8	0.2815
6	Standar 5	10	0.3403

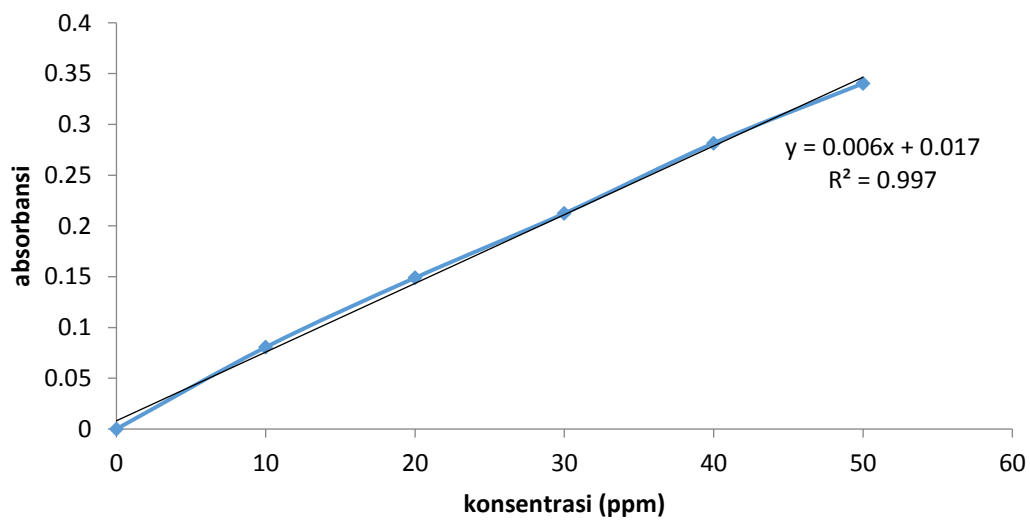
b. Sampel

No	Larutan	Konsentrasi larutan (ppm)	Absorbansi
1	Sampel 1	10	0.0712
2	Sampel 2	10	0.1419
3	Sampel 3	10	0.1798
4	Sampel 4	10	0.2738
5	Sampel 5	10	0.3442

c. Data hasil pengamatan pengaruh konsentrasi

No	Konsentrasi (x)	Absorbansi (y)	x^2	y^2	$x.y$
1	10	0.0806	100	0.0065	0.806
2	20	0.1489	400	0.02217	2.978
3	30	0.2123	900	0.04507	6.369
4	40	0.2815	1600	0.07924	11.26
5	50	0.3403	2500	0.1158	17.015
N=5	$\Sigma=150$	$\Sigma=1.0636$	$\Sigma=5500$	$\Sigma=0.26879$	$\Sigma=38.428$

d. Grafik



B. Contoh Analisa Data

1. Persamaan garis linear

$$y = a + bx$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{5 \times 1,7346 - 30 \times 0,2395}{5 \times 220 - (30)^2}$$

$$b = \frac{8,673 - 7,185}{1100 - 900}$$

$$b = \frac{1,488}{200}$$

$$b = 0,0074$$

$$a = y_{rata-rata} - bx_{rata-rata}$$

$$a = 0,0479 - 0,0074 \times 6$$

$$a = 0,0479 - 0,0446$$

$$a = 0,0033$$

Jadi, persamaan linear yang diperoleh adalah:

$$y = a + bx$$

$$y = 0,0033 + 0,0074x$$

Keterangan:

$y = \text{absorbansi sampel}$

$x = \text{konsentrasi timbal (Pb) dalam sampel}$

$$\begin{aligned}
 R^2 &= \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{((n \sum x^2) - (\sum x)^2)((n \sum y^2) - (\sum y)^2)}} \\
 &= \frac{5 \times 1,7346 - 30 \times 0,2395}{\sqrt{((5 \times 220) - (30)^2)((5 \times 0,0137) - (0,2395)^2)}} \\
 &= \frac{8,673 - 7,185}{\sqrt{22,2}} \\
 &= \frac{1,488}{1,489}
 \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,9993$$

2. Konsentrasi timbal terukur pada berat biomassa *S.mutans*

a) 0.1 g

$$\begin{aligned}
 y &= a + bx \\
 x &= \frac{y - a}{b} \\
 &= \frac{0,0716 - 0,003}{0,007} \\
 &= \frac{0,0686}{0,007} \\
 &= 9.8
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Konsentrasi logam teradsorpsi

a. Pengaruh bobot biosorben

Konsentrasi yang teradsorpsi untuk tiap parameter dihitung dengan:

$$1) \text{ Konsentrasi teradsorpsi} = \text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi akhir}$$

$$C_{\text{adsorpsi}} = C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}$$

Banyaknya ion logam yang teradsorpsi (mg/g) biosorben, ditentukan dengan persamaan:

$$2) q_e = \frac{(C_o - C_e) V}{W_a}$$

dimana : q_e = jumlah ion logam teradsorpsi (mg/g)

C_o = konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/L)

C_e = konsentrasi ion logam setelah adsorpsi (mg/L)

V = volume larutan ion logam (L)

W_a = jumlah biosorben (g)

b. Konsentrasi teradsorpsi pada sampel berat biomassa *S.mutans*

1) 0.1 g

$$C_{\text{adsorpsi}} = C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}$$

$$= 10 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 9,8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$= 0,2 \text{ mg/L}$$

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) V}{W_a}$$

$$= \frac{\left(10 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 9,8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) 0,1 \text{ L}}{0,1 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,2 \frac{mg}{L} \times 0,1 L}{0,1 g}$$

$$= \frac{0,02 mg}{0,1 g}$$

$$= 0.2 mg/g$$

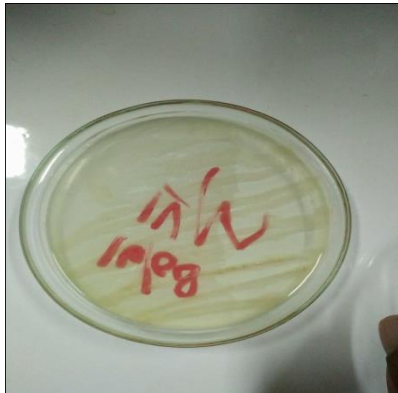
Lampiran 9. Gambar Penelitian



Proses penimbangan media NA



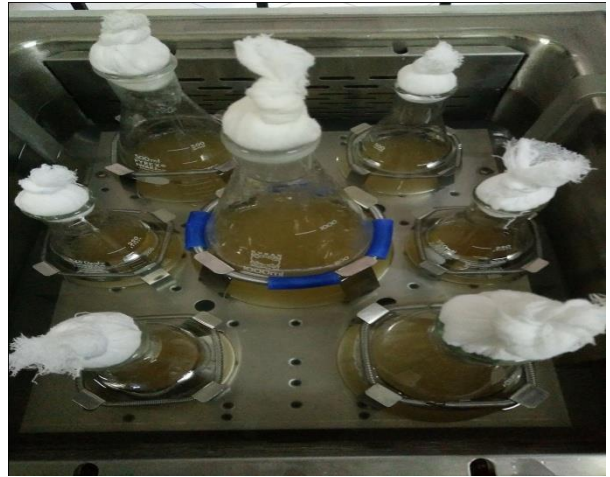
Proses penimbangan media NB



Bakteri *Streptococcus mutans* yang di tumbuhkan dalam media NA



Bakteri *Streptococcus mutans* yang di tumbuhkan dalam media NB



Proses pengadukan dalam
shakerwaterbath



Bakteri yang telah di homogenkan dalam
shakerwaterbath



Proses pemisahan filtrat dan residu
dalam sentrifuge



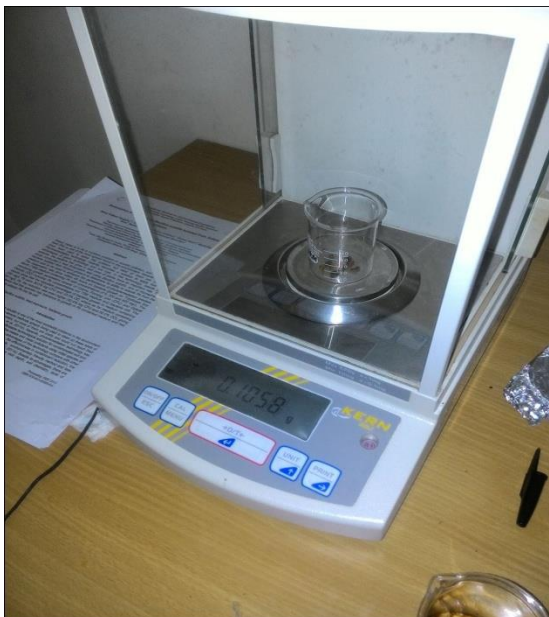
Bakteri yang telah di sentrifuge dan
biomassa basah sebelum dilakukan
pemanasan



Biomassa basah sebelum
dilakukan pemanasan



Biomassa kering/mati



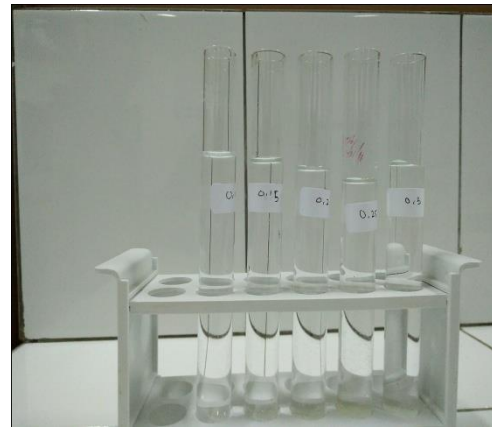
Penimbangan biomassa kering



Penimbangan berat biomassa



Pemisahan filtrat dan residu
sebelum analisis logam Pb



Penentuan berat
biomassa optimum



Penentuan pH optimum



Penentuan waktu kontak
optimum



Penentuan kapasitas biosorpsi

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Muh. Tri Wirawan. Lahir pada hari Kamis tanggal 18 November 1993 di Maros, Sulawesi Selatan. Anak ketiga dari 4 bersaudara dari pasangan Abd. Rasyid dan Wiwik Widayanti. Penulis memulai jenjang pendidikan formalnya pada usia 6 tahun disalah satu taman kanak-kanak (TK) yang berada pada Kota Maros. Kemudian pada usia ke tujuh tahun penulis melanjutkan pendidikannya di SDN. 3 Maros. Setahun kemudian, penulis pindah ke salah satu sekolah dasar di Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat yaitu di SD. Inpres Mora Utama hingga menyelesaikan pendidikan dasarnya pada tahun 2006. Penulis melanjutkan pendidikan di SMPN. 2 Budong-Budong/SMPN. 1 Karossa sampai tahun 2009. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMAN. 1 Mamuju dan selesai pada tahun 2012. Di tahun yang sama, 2012, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi dengan memasuki Perguruan Tinggi Negeri, yaitu di Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar dengan mengambil prodi Sains Kimia di Fakultas Sains dan Teknologi dan menyelesaikan penelitian dan tugas akhir skripsi dengan judul “**BIOSORPSI ION LOGAM TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN BAKTERI *Streptococcus mutans***”. Tepat pada tanggal 30 November 2016, penulis telah berstatus alumni pada universitas tersebut.